# COMPTES RENDUS

## DES SÉANCES

# DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

### SÉANCE DU LUNDI 17 FÉVRIER 1890,

PRÉSIDENCE DE M. HERMITE.

## MEMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE. — *Observations des petites planètes, faites au grand instrument méridien et au cercle méridien du Jardin de l'observatoire de Paris, pendant les trois premiers trimestres de l'année* 1889. Communiquées par M. **Mouchez**.

| Dates. 1889. | Temps moyen de Paris. | Ascension droite. | Correction de l'éphémér. | Distance polaire. | Correction de l'éphémér. |
|---|---|---|---|---|---|
| | | (181) Eucharis. | | | |
| | h m s | h m s | | ° ′ ″ | |
| Mars 4...... | 10.41.42 | 9.33.11,11 | » | 73. 5.54,8 (1) | » |

(1) Observation douteuse.

| Dates. 1889. | Temps moyen de Paris. | Ascension droite. | Correction. de l'éphémér. | Distance polaire. | Correction de l'éphémér. |
|---|---|---|---|---|---|
| | | (247) Eukrate (1). | | | |
| | h m s | h m s | s | ° ′ ″ | ″ |
| Mars 6...... | 9. 3.35 | 8. 2.41,09 | » | 42. 8.29,7 | » |
| | | (154) Bertha. | | | |
| Mars 23...... | 11.20.33 | 11.27. 2,49 | » | 60.43. 5,4 | » |
| 25...... | 11.10.53 | 11.25.13,99 | » | 60.48.13,8 | » |
| | | (12) Victoria. | | | |
| Juin 14...... | 14.28.39 | 20. 2.54,16 | + 0,19 | 98.13. 8,7 | — 9,1 |
| 21...... | 13.59.14 | 20. 0.59,72 | + 0,12 | 97.10.51,4 | — 6,5 |
| 23...... | 23.50.32 | 20. 0. 9,11 | — 0,19 | 96.54.27,8 | — 8,2 |
| 25...... | 13.41.43 | 19.59.11,69 | + 0,05 | 96.38.50,0 | — 8,4 |
| 29...... | 13.23.43 | 19.56.55,85 | — 0,12 | 96.10. 0,8 | — 7,7 |
| Juill. 2...... | 13. 9.59 | 19.54.58,45 | + 0,15 | 95.50.41,7 | — 7,5 |
| 2(2)... | 13. 9.58 | 19.54.58,25 | — 0,05 | 95.50.41,1 | — 8,1 |
| 3...... | 13. 5.21 | 19.54.16,33 | — 0,10 | 95.44.43,3 | — 7,4 |
| 3(2)... | 13. 5.21 | 19.54.16,53 | + 0,10 | 95.44.41,9 | — 8,8 |
| 5...... | 12.56. 2 | 19.52.49,10 | — 0,11 | 95.33.29,9 | — 7,5 |
| 5(2)... | 12.56. 2 | 19.52.49,41 | + 0,20 | 95.33.28,9 | — 8,5 |
| 6...... | 12.51.21 | 19.52. 4,17 | + 0,15 | 95.28.15,5 | — 7,6 |
| 6(3)... | 12.51.21 | 19.52. 4,24 | + 0,22 | 95.28.15,5 | — 7,6 |
| 12...... | 12.22.59 | 19.47.16,42 | + 0,24 | 95. 2.10,8 | — 8,8 |
| 12(3)... | 12.22.59 | 19.47.16,29 | + 0,11 | 95. 2.12,1 | — 7,5 |
| 17...... | 11.59. 8 | 19.43. 4,22 | + 0,03 | 94.47.44,1 | — 7,9 |
| 17(3)... | 11.59. 8 | 19.43. 4,27 | + 0,08 | 94.47.45,2 | — 6,8 |
| 29...... | 11. 2.24 | 19.33.29,63 | + 0,08 | 94.39.56,4 | — 4,5 |
| 29(3)... | 11. 2.24 | 19.33.29,69 | + 0,14 | 94.39.53,9 | — 7,0 |
| 30...... | 10.57.46 | 19.32.47,52 | + 0,06 | 94.40.52,0 | — 5,7 |
| 30(3)... | 10.57.46 | 19.32.47,64 | + 0,18 | 94.40.51,4 | — 6,3 |
| 31...... | 10.53. 9 | 19.32. 6,69 | + 0,00 | 94.42. 3,0 | — 4,9 |
| 31(3)... | 10.53. 9 | 19.32. 6,71 | + 0,02 | 94.42. 2,2 | — 5,7 |
| Août 2...... | 10.44. 0 | 19.30.49,58 | + 0,16 | 94.45. 1,4 | — 5,6 |
| 2(3)... | 10.44. 0 | 19.30.49,53 | + 0,11 | 94.45. 0,6 | — 6,4 |
| 3(3)... | 10.39.28 | 19.30.13,18 | + 0,10 | 94.46.49,6 | — 5,6 |

(1) On n'a pu s'assurer si l'astre observé est bien la planète.
(2) Observations faites au cercle méridien du Jardin.
(3) Observation douteuse.

| Dates. 1889. | Temps moyen de Paris. | Ascension droite. | Correction de l'éphémér. | Distance polaire. | Correction de l'éphémér. |
|---|---|---|---|---|---|
| | | (12) Victoria (suite). | | | |
| | h m s | h m s | | ° ′ ″ | ″ |
| Août 7(1)... | 10.21.36 | 19.28. 4,54 | + 0,01 | 94,55.55,5 | — 5,0 |
| 10...... | 10. 8.32 | 19.26.47,57 | + 0,35 | 95. 4.31,5 | — 3,9 |
| 10(1)... | 10. 8.32 | 19.26.47,27 | + 0,05 | 95. 4.31,5 | — 3,9 |
| 13(1)... | 9.55.44 | 19.25.47,56 | + 0,04 | 95.14.23,8 | — 4,0 |
| 16...... | 9.43.16 | 19.25. 6,56 | + 0,26 | 95.25.20,6 | — 5,0 |
| 22...... | 9.19.16 | 19.24.42,00 | + 0,15 | 95.49.47,0 | — 3,5 |
| 26...... | 9. 4. 0 | 19.25.10,07 | + 0,23 | 96. 7.15,3 | — 3,3 |
| 28...... | 8.56.35 | 19.25.37,31 | + 0,09 | 96.16.11,0 | — 2,6 |
| 29...... | 8.52.57 | 19.25.54,35 | + 0,10 | 96.20.39,3 | — 3,2 |
| | | (5) Astrée. | | | |
| Juill. 2...... | 12.53.26 | 19.38.23,53 | + 4,99 | 107.13.42,5 | +48,4 |
| | | (45) Eugénie. | | | |
| Août 17...... | 11.36.35 | 21.22.41,07 | — 2,18 | 104. 2.28,0 | +11,0 |
| 22...... | 11.13. 2 | 21.18.47,29 | — 2,02 | 104.33.55,2 | +13,1 |
| 26...... | 10.54.23 | 21.15.51,09 | — 2,11 | 104.57.55,9 | +11,4 |
| 27...... | 10.49.45 | 21.15. 9,21 | — 1,96 | 105. 3.47,0 | +13,5 |
| 28...... | 10.45. 8 | 21.14.28,02 | — 2,01 | 105. 9.29,8 | +12,5 |
| 29...... | 10.40.32 | 21.13.47,71 | — 2,11 | 105.15. 8,5 | +12,8 |
| 30...... | 10.35.57 | 21.13. 8,25 | — 2,37 | 105.20.40,3 | +11,8 |
| Sept. 2...... | 10.22.18 | 21.11.17,09 | — 2,29 | 105.36.43,5 | +12,7 |
| | | (37) Fidès. | | | |
| Août 17...... | 11.42.15 | 21.28.22,18 | » | 108.44.56,9 | » |
| 22...... | 11.17.59 | 21.23.45,21 | » | 109. 1.13,1 | » |
| 26...... | 10.58.43 | 21.20.11,97 | » | 109.12.39,8 | » |
| 27...... | 10.53.56 | 21.19.20,37 | » | 109.15.16,2 | » |
| 28...... | 10.49. 9 | 21.18.29,50 | » | 109.17.47,1 | » |
| 29...... | 10.44.23 | 21.17.39,51 | » | 109.20.10,9 | » |
| 31...... | 10.34.55 | 21.16. 2,53 | » | 109.24.38,6 | » |

(1) Observation douteuse.

| Dates. 1889. | Temps moyen de Paris. | Ascension droite. | Correction de l'éphémér. | Distance polaire. | Correction de l'éphémér. |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| | | (11) PARTHÉNOPE. | | | |
| | h m s | h m s | s | ° ′ ″ | ″ |
| Août 22...... | 11.30.34 | 21.36.21,53 | + 1,79 | 107.18. 7,4 | — 3,5 |
| 26...... | 11.11.37 | 21.33. 7,95 | + 1,95 | 107.43. 6,6 | — 5,1 |
| 27...... | 11. 6.54 | 21.32.21,15 | + 1,65 | » | » |
| 28...... | 11. 2.13 | 21.31.35,56 | + 1,62 | 107.54.50,2 | — 4,7 |
| 29...... | 10.57.33 | 21.30.51,15 | + 1,79 | 108. 0.28,8 | — 4,8 |
| 31...... | 10.48.15 | 21.29.25,31 | + 1,80 | 108.11.18,1 | — 5,0 |
| | | (241) GERMANIA. | | | |
| Août 22...... | 11.46.23 | 21.52.13,63 | » | 95.11.50,7 | » |
| 26...... | 11.27.34 | 21.49. 7,54 | » | 95.24.56,9 | » |
| 27...... | 11.22.52 | 21.48.21,49 | » | 95.28.17,0 | » |
| 28...... | 11.18.11 | 21.47.36,15 | » | 95.31.42,5 | » |
| 29...... | 11.13.30 | 21.46.51,31 | » | 95.35. 9,1 | » |
| 30...... | 11. 8.51 | 21.46. 7,26 | » | 95.38.36,6 | » |
| 31...... | 11. 4.11 | 21.45.23,60 | » | 95.42. 5,1 | » |
| Sept. 2...... | 10.54.54 | 21.43.58,30 | » | » | » |
| | | (6) HÉBÉ. | | | |
| Août 30...... | 11.30.36 | 22. 7.56,38 | + 1,57 | 109. 5. 9,8 | + 0,3 |

» Les comparaisons de Victoria se rapportent à l'éphéméride publiée par M. D. Gill, celles d'Astrée et de Flore aux éphémérides données dans le n° 2895 des *Astronomische Nachrichten*, celles de Parthénope et d'Hébé aux éphémérides du n° 2910 du même Recueil, et enfin celles d'Eugénie à l'éphéméride du *Berliner Jahrbuch*.

» La valeur adoptée pour la parallaxe du Soleil est celle de la *Connaissance des Temps*, soit 8″,86.

» Les observations du grand instrument méridien ont été faites : le 14 juin par M. Hamy; les 12, 17 juillet et 16 août par M. F. Boquet; les 29, 30, 31 juillet, 2 et 10 août par M. Barré; toutes les autres par M. Callandreau.

» Les observations au cercle méridien du Jardin ont été faites exclusivement par M. Henri Renan. »

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur les mouvements des planètes, en supposant l'attraction représentée par l'une des lois électrodynamiques de Gauss ou de Weber.* Note de M. F. **Tisserand.**

« On peut se demander ce qui arriverait si les mouvements des astres de notre système planétaire étaient gouvernés, non par la loi de Newton, mais par l'une de celles proposées en Électrodynamique par Gauss et Weber,

$$R_g = \frac{fmm'}{r^2}\left[1 + \frac{1}{h^2}\left(2u^2 - 3\frac{dr^2}{dt^2}\right)\right],$$

$$R_w = \frac{fmm'}{r^2}\left[1 + \frac{1}{h^2}\left(2r\frac{d^2r}{dt^2} - \frac{dr^2}{dt^2}\right)\right].$$

» La force qui s'exerce entre deux molécules M et M', de masses $m$ et $m'$, est supposée agir suivant la droite MM'; $r$ désigne la distance MM', $u$ la vitesse relative des deux molécules, $R_g$ ou $R_w$ l'intensité de la force. La constante $h$, qui représente une vitesse, est très grande par rapport à $u$; si elle pouvait être regardée comme infinie, on rentrerait dans la loi de Newton.

» J'ai examiné la question autrefois pour $R_w$ (*Comptes rendus*, 30 septembre 1872), et j'ai été conduit aux résultats suivants :

» La substitution de la loi de Weber à celle de Newton, quand on donne à $h$ des valeurs comparables à la vitesse de la lumière, ne produit dans les éléments elliptiques des planètes que des inégalités périodiques insensibles. La longitude du périhélie fait exception; elle contient un terme séculaire, dont l'expression est

$$\delta\varpi_w = \frac{f\mu}{ah^2}nt\left(1 + \tfrac{3}{2}e^2 + \ldots\right) = \frac{(f\mu)^{\frac{3}{2}}}{a^{\frac{5}{2}}h^2}t\left(1 + \tfrac{3}{2}e^2 + \ldots\right);$$

elle est d'autant plus sensible que la planète est plus rapprochée du Soleil (on a représenté par $a$, $e$, $n$, $\mu$, le demi grand axe, l'excentricité, le moyen mouvement et la somme des masses de la planète et du Soleil). Si l'on suppose $h$ égal à la vitesse de la lumière, 300 000$^{km}$ à la seconde, on trouve que, dans l'hypothèse de la loi de Weber, le grand axe de l'orbite de Mercure tournerait dans le sens direct de 14",4 en un siècle. Pour Vénus, la variation serait seulement de 3",0, et ne pourrait avoir d'effet appré-

ciable pendant plusieurs siècles, en raison de la faible excentricité de Vénus. La longitude moyenne de l'époque, $\varepsilon$, est aussi affectée d'un petit terme séculaire qui contient $e^2$ en facteur et n'aura d'ailleurs pour conséquence, comme on sait, que d'altérer très peu le moyen mouvement, ou plutôt la valeur théorique de $a$ qui aurait lieu sans les perturbations.

» En lisant le bel Ouvrage de M. Bertrand *Sur la Théorie mathématique de l'Électricité*, où les formules électrodynamiques proposées par Gauss et Weber sont comparées l'une à l'autre, j'ai été conduit à faire pour la première le calcul que j'avais donné antérieurement pour la seconde, et j'ai trouvé sans peine, en appliquant les formules connues de la variation des constantes arbitraires,

$$\delta\varpi_g = \frac{2f\mu}{ah^2} nt(1 + e^2 + \ldots).$$

» On voit que le déplacement du périhélie, pour un temps donné, est sensiblement le double de ce qu'il était dans la loi de Weber. On obtient ainsi pour Mercure, en un siècle, avec la valeur de $h$ adoptée précédemment,

$$\delta\varpi_g = + 28'',2.$$

» Le Verrier a trouvé que l'attraction des planètes doit faire tourner dans le sens direct le périhélie de Mercure de 527″ en un siècle; la discussion de l'ensemble des observations de la planète, et surtout de ses passages sur le disque du Soleil, lui a montré que le mouvement réel est plus grand de 38″. Cet excédent est très certain, en raison de la grande excentricité de Mercure; il a été confirmé, d'ailleurs, par les recherches récentes de M. Newcomb. D'autre part, il est impossible de l'obtenir par des changements dans les masses perturbatrices, sans introduire des désaccords intolérables dans les théories des autres planètes.

» C'est ainsi que Le Verrier a été conduit à l'hypothèse d'une planète intra-mercurielle, hypothèse qu'on a pu croire un moment pleinement réalisée. Mais, la masse de cette planète devant être relativement assez grande, on n'aurait pas manqué de la revoir dans les éclipses totales de Soleil observées avec tant de soin durant les vingt dernières années. A défaut d'une planète unique, on peut encore admettre à la rigueur qu'il existe entre Mercure et le Soleil un anneau de corpuscules analogue à l'anneau des astéroïdes compris entre Mars et Jupiter. La question reste ouverte, sans être résolue. Il est curieux de remarquer que la loi de Gauss

expliquerait les $\frac{3}{4}$ de l'excédent dont il s'agit ([1]), sans d'ailleurs troubler d'une façon appréciable l'accord réalisé par la loi de Newton dans la théorie des mouvements célestes. Je me borne à signaler cette coïncidence, sans prétendre en rien que la loi de Gauss soit la véritable.

» L'élément $\varepsilon$ a une inégalité séculaire,

$$+\frac{4f\mu}{ah^2}nt\left(1+\frac{1}{2}e^2+\ldots\right),$$

beaucoup plus notable que dans la loi de Weber, mais qui ne saurait néanmoins avoir d'effet sensible, pour la raison déjà indiquée. »

GÉOMÉTRIE. — *Écrit posthume de Descartes sur les polyèdres.* Note de M. DE JONQUIÈRES.

« A l'appui de la priorité effective de Descartes dans la découverte de la relation $S+F=A+2$, j'apporte une nouvelle preuve, tirée de son écrit posthume et plus décisive encore que la première que j'en ai donnée ([2]); car elle démontre que Descartes, non seulement a connu et employé cette formule, comme je l'ai dit, mais de plus *qu'il l'a énoncée explicitement;* ce que je n'avais pas d'abord remarqué.

» Dans le premier alinéa de la page 218 du tome II des *Œuvres inédites,* après avoir rappelé la formule (déjà citée par moi) $\Sigma=4S-8$, et donné (pour le cas où toutes les faces du polyèdre sont triangulaires ou ont été toutes partagées en triangles par des diagonales issues d'un même sommet dans chacune d'elles) les deux formules $F'=2S-4$ et $N=6S-12$, où $F'$ est le nombre des triangles et N le nombre total des angles plans formés par cette subdivision, Descartes ajoute (ligne 14) :

» Numerus verorum angulorum planorum est $2F+2S-4$ ([3]), qui non debet esse major quam $6S-12$ ...,

---

([1]) Elle l'expliquerait complètement si l'on donnait à $h$ une valeur égale aux $\frac{6}{7}$ de la vitesse de la lumière.

([2]) *Comptes rendus*, t. CX, p. 261.

([3]) Descartes écrit $\alpha$ au lieu de S, et $\varphi$ au lieu de F; j'ai substitué les lettres adoptées aujourd'hui, afin de faire mieux ressortir l'identité des formules. La phrase se termine, dans le texte, par quelques mots, dont les premiers *sed si minor est* doivent être conservés, mais dont les derniers ont été altérés et signifient que, si le nombre B

c'est-à-dire :

» Le nombre (B) des angles plans effectifs du polyèdre est égal à $2(F+S-2)$, nombre qui ne saurait excéder $6S-12$.

» Le mot *verorum* (effectifs) est mis ici pour marquer qu'il ne s'agit plus des angles éventuels ou additionnels, introduits par la subdivision des faces en triangles, mais bien des angles mêmes de ces faces, telles qu'elles sont.

» Descartes ayant prouvé (p. 217) que $B = 2A$, la proposition précédente se traduit immédiatement par la formule

$$2A = 2(F+S-2):$$

c'est la relation d'Euler, explicitement exprimée.

» Outre les applications que Descartes fait implicitement de cette relation à des exemples numériques (p. 220 et 222) que j'ai mentionnés ([1]), en voici une autre très caractéristique, qui pourrait à son tour servir de preuve. On lit au premier alinéa de la page 217 (je traduis à partir de la ligne 9) :

» Connaissant le nombre des angles plans (B) et celui des faces (F) d'un polyèdre, si l'on avait égard à ces seules données, on en déduirait aisément les modes possibles de répartition de ces angles entre les faces : par exemple, si les données sont 5 faces et 18 angles plans, on *pourrait* avoir 2 faces triangulaires et 3 quadrangulaires, ou bien 3 faces triangulaires, 1 quadrangulaire et 1 pentagonale, ou enfin 1 face triangulaire et 1 hexagonale. *Mais comme ce même solide possède nécessairement* 6 *sommets* (sed quia in eodem corpore sunt 6 anguli solidi), la première de ces trois combinaisons est seule compatible avec l'existence du polyèdre.

» Il est clair, d'après le membre de phrase souligné par moi dans la traduction (aussi bien dans la forme que dans le fond), que Descartes introduit le nombre 6 comme étant la conséquence nécessaire d'un *principe* connu ([2]), et non comme le résultat fortuit des données numériques qui

---

est moindre que $6S-12$, la somme $\Sigma$ des *valeurs* des angles des faces est exprimée par $4S-8$, l'angle droit servant d'unité ainsi qu'il a été dit plus haut. Le texte dit : *expressus erit* $+4\alpha - 8 - 12$; ce qui est manifestement une faute de copie ; il faut lire : $4\alpha - 8$ *angulis rectis*.

([1]) *Comptes rendus, loc. cit.*, p. 265.

([2]) Descartes ne croit pas utile de l'énoncer à cette place, soit parce qu'il résulte de ce qui a déjà été dit dans les pages précédentes, ainsi que je l'ai prouvé dans ma précédente Communication, soit parce qu'il va l'énoncer explicitement à la page suivante, comme je viens de le démontrer dans celle-ci.

se présentent; et ce principe ne peut être que la relation $F + S = A + 2$, qui donne effectivement ici $S = 6$, puisque $F = 5$ et $2A = 18$.

» Enfin, à la page 215, où il s'agit de démontrer qu'il ne peut exister que cinq polyèdres réguliers convexes, Descartes donne comme conditions à remplir par les nombres F et S, que les deux divisions $\frac{2S-4}{F}$ et $\frac{2F-4}{S}$ puissent se faire exactement. Or il est aisé de voir que ces deux conditions symétriques découlent de la double égalité, qui se présente dans les polyèdres réguliers, $2A = nF = mS$ ($n$ et $m$ étant des nombres entiers), si l'on y fait usage, pour éliminer A, de la relation $F + S = A + 2$.

» Après la preuve explicite fournie plus haut, ces dernières confirmations n'étaient pas nécessaires assurément, mais elles m'ont paru utiles pour faire mieux connaître l'écrit de Descartes et les applications qu'il a faites de ladite relation.

» En résumé, Descartes ayant la priorité *en fait*, bien qu'elle ne lui revienne pas *en droit*, puisqu'il n'a pas celle de la publication, il est équitable d'associer désormais son nom à celui d'Euler, et d'appeler *relation d'Euler et de Descartes* la formule $F + S = A + 2$. »

M. A. Ledieu fait hommage à l'Académie du tome II et dernier du *Nouveau matériel naval*, qu'il a publié en collaboration avec M. *E. Cadiat*.

« Ce Volume renferme : le lancement et les explosions des torpilles Whitehead ; les différents types des autres torpilles automobiles ; les torpilleurs et les bateaux sous-marins ; la grosse et la petite artillerie navale la plus récemment adoptée dans les diverses marines ; les appareils de sondage, de sillage et de signaux ; la télégraphie optique ; les machines à production de chaud et de froid ; la navigation aérienne complète, et l'aviation ; les pigeons voyageurs ; l'étude technique des guerres maritimes modernes ; la constitution des flottes actuelles ; les formes, les utilisations et les résistances des divers types de navires présentement en usage. »

## MÉMOIRES LUS.

### PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur une nouvelle plante reviviscente.* Note de M. Ed. Bureau.

« Dans les premiers jours du mois, mon Collègue M. de Quatrefages eut l'obligeance de me remettre deux petites touffes d'une Fougère desséchée, qui lui étaient envoyées des États-Unis par M. Le Métayer de Guichainville. Son correspondant lui écrivait que cette plante était une espèce inconnue, douée de propriétés hygrométriques analogues à celles de la *Rose de Jéricho :*

» On la trouve, disait-il, dans l'Arkansas; elle se propage dans les bas-fonds et pousse plus particulièrement sur les écorces du Bouleau jaune en décomposition. Au bout de huit heures au plus d'immersion dans l'eau, cette Fougère, remarquable et bizarre, reprend sa splendide verdeur. On la retire ensuite, et, tenue dans un lieu sec, il est facile de toujours recommencer l'expérience avec le même succès.

» En effet, un troisième échantillon, aussi sec que les deux autres, avait été, aussitôt l'arrivée, plongé dans l'eau par M. de Quatrefages, qui me le montra, le lendemain, étalé, reverdi et aussi vivant que si l'on venait de le cueillir.

» Contrairement à l'opinion de M. de Guichainville, cette espèce de Fougère n'est pas nouvelle. C'est le *Polypodium incanum* Pluck., assez répandu dans l'Amérique du Nord; mais, si l'espèce est connue, elle n'avait pas encore, que je sache, été signalée comme reviviscente; car, à n'en pouvoir douter, c'était bien du phénomène de la reviviscence qu'il s'agissait, et non du changement, par hydratation, de la forme d'une plante morte, comme cela a lieu pour la *Rose de Jéricho*.

» J'ignore depuis combien de temps exactement les plantes étaient arrachées; mais, à en juger d'après l'aspect des fructifications qu'elles portent, elles avaient dû être cueillies dans le courant de l'été. La perte de la plus grande partie de l'eau qu'elles contenaient, au lieu de les tuer, les avait simplement fait passer à un état de vie latente, assez comparable à la vie des graines. Une expérience tout indiquée était d'augmenter artificiellement cette perte d'humidité, et de chercher, comme on l'a fait autrefois pour les

Rotifères, jusqu'à quel point on peut dessécher, sans le tuer, ce végétal d'une organisation assez élevée et très complexe.

» Je n'avais, comme je l'ai dit, que deux échantillons. Le 5 février, avec le concours obligeant de M. Arnaud, je plaçai le plus gros, un vieux pied, dans une étuve bien ventilée du laboratoire de Chimie organique du Muséum. Il pesait $8^{gr},528$. La température était à 33°. Le 6 février, ce pied pesait $6^{gr},023$. La température fut portée à 40°. Le 11, la plante pesait $5^{gr},957$; le 12, $5^{gr},920$. La température fut alors élevée jusqu'à 55°, et le 12 le poids de la plante était tombé à $5^{gr},848$. Le 14, à cette même température, il semblait que le poids eût un peu augmenté; mais c'était une simple apparence, tenant à ce qu'une demi-minute peut-être s'était écoulée entre la sortie de l'étuve et la pesée. Les pesées doivent être faites très promptement. La plante desséchée absorbe l'humidité atmosphérique avec une telle rapidité que son poids augmente à vue d'œil. En somme, l'échantillon, déjà très sec, a perdu en dix jours $0^{gr},680$. Laissé dans la cage de la balance, en présence de la chaux vive, de $11^h$ du matin à $6^h$ du soir, il a augmenté de poids de $0^{gr},285$.

» L'autre pied, plus jeune et plus petit, pesait $2^{gr},380$. Il fut mis le même jour, 5 février, sous la cloche de la machine pneumatique, en présence d'acide sulfurique concentré, et on le maintint dans le vide, autant que possible, jusqu'au 15, c'est-à-dire aussi pendant dix jours. Il pesait alors $2^{gr},157$, et avait perdu par conséquent $0^{gr},223$.

» Les deux échantillons étaient alors d'un gris brun, à peine verdâtre. Celui qui avait passé à l'étuve était cependant un peu plus foncé. Ils étaient tellement secs que leur fragilité était extrême. Beaucoup de frondes, même âgées, affectaient une courbure en crosse, d'autres étaient droites; mais, dans toutes, les pinnules avaient pris une forme canaliculée par le rapprochement des deux bords latéraux, de telle sorte que la face supérieure, devenue concave, était presque entièrement cachée, et que, de quelque côté qu'on regardât la fronde, on n'apercevait guère que sa face inférieure, laquelle est couverte d'écailles, peltées, scarieuses. Ce revêtement écailleux et le mode de recroquevillement des frondes paraissent bien faits pour les défendre contre une évaporation trop rapide.

» Les deux plantes furent plongées dans l'eau. Celle qui avait été séchée à l'étuve n'acheva de dérouler ses pinnules qu'au bout de trente-six heures. Les frondes les plus jeunes devinrent seules d'un beau vert à la face supérieure. Les vieilles frondes, qui étaient pour la plupart endommagées,

gardèrent une teinte brunâtre : elles étaient probablement déjà altérées, lorsque ce pied, fort vieux, avait été arraché.

» Tout autre était, et est encore actuellement, l'aspect du jeune pied qui a été séché dans le vide : toutes les frondes sont intactes, robustes, dressées, d'un beau vert; toutes les pinnules sont étalées, et la plante ne diffère en rien d'un pied qui viendrait d'être cueilli. Neuf heures d'immersion ont suffi pour amener ce résultat. Depuis deux jours, les frondes sont sorties de l'eau, et la plante, n'absorbant plus le liquide que par ses racines, se maintient vivante et fraîche.

» Le *Polypodium incanum* vient donc augmenter la liste, encore peu nombreuse, des Cryptogames vasculaires reviviscentes. J'ai fait connaître les premières en 1863, à la suite d'expériences que je fis avec Paul Bert. C'étaient : *Selaginella lepidophylla* Spring, *Ceterach officinarum* Willd. et *Asplenium Ruta muraria* L. Plus tard, Daniel Hanbury reprit ces expériences sur mes indications, et constata les mêmes propriétés chez *Polypodium vulgare* L., *Cheilanthes odora* Sw., *Asplenium lanceolatum* Sm. et *Adianthum Capillus-Veneris* L. Il porta, sans les tuer, quelques-unes de ces plantes à 66° C.; mais aucune ne survécut après avoir été exposée à 100°. Duval-Jouve avait déjà remarqué que certains *Isoetes* peuvent revivre après plusieurs années de séjour en herbier.

» On connaît donc le phénomène de la reviviscence dans trois classes au moins de Cryptogames vasculaires. Toutes les expériences faites avec des plantes phanérogames ont échoué jusqu'ici. »

## MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

M. F. **Ritter** soumet au jugement de l'Académie un Mémoire sur la vie et les travaux de François Viette.

(Renvoi à la Section de Géométrie.)

MM. **Allaire** et **Gautier** soumettent au jugement de l'Académie un Mémoire sur une « nouvelle machine rotative, utilisant la force expansive d'un fluide quelconque sous pression ».

(Commissaires : MM. Resal, Marcel Deprez.)

M. E. **Menin** adresse une Note sur un « système de propulsion, propre à la navigation, soit aérienne, soit aquatique ».

(Renvoi à la Section de Navigation.)

MM. **Friedorfer** et **Kray** adressent, de Gablonz (Autriche), une Note relative à un anti-phylloxérique de leur invention.

(Renvoi à la Commission du Phylloxera.)

## CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats pour la chaire de Chimie appliquée aux corps organiques, actuellement vacante au Muséum d'Histoire naturelle par suite du décès de M. Chevreul.

(Renvoi à la Section de Chimie.)

M. B. **Danilewsky** adresse ses remerciements à l'Académie pour la distinction accordée à ses travaux dans le concours des prix de Médecine et de Chirurgie (fondation Montyon) pour l'année 1889.

M. A. **Laussedat** prie l'Académie de vouloir bien le comprendre parmi les candidats à la place d'Académicien libre, actuellement vacante.

HYDRAULIQUE. — *Sur la distribution des pressions et des vitesses dans l'intérieur des nappes liquides issues de déversoirs sans contraction latérale.* Note de M. **Bazin**, présentée par M. Boussinesq.

« Nous avons fait, dans le courant de l'année 1889, de nombreuses expériences pour déterminer la répartition des vitesses et des pressions dans l'intérieur des nappes. L'instrument dont nous avons fait usage consiste en une lame de cuivre de $3^{mm}$ d'épaisseur, plongée parallèlement à la direction des filets fluides dans la nappe où, en raison de sa faible épaisseur, elle ne cause pas de perturbation sensible. Dans l'intérieur de cette lame

sont logés deux petits tuyaux de $2^{mm}$ de diamètre, débouchant, l'un à l'extrémité antérieure, l'autre sur la face latérale. Ce dernier, parfaitement arasé sur cette face plane le long de laquelle glissent les filets fluides, n'est soumis qu'à la pression locale au point où il débouche ; l'orifice antérieur, au contraire, sorte de petit tube de Pitot, s'ouvrant normalement au courant, reçoit directement le choc de la veine liquide. Les pressions exercées sur les deux orifices sont transmises par des raccords flexibles à des tubes verticaux en verre installés dans une fosse latérale. Si l'on désigne par $z$ la hauteur du point considéré au-dessus de la crête du déversoir, par $u$ la vitesse et par $p$ la pression (¹), l'observation du niveau de l'eau dans ces tubes fait connaître, pour le tube correspondant à l'orifice antérieur, la somme $z + p + \frac{u^2}{2g}$; pour le tube correspondant à l'orifice latéral, $z + p$, et, par suite, $p$ et $u$. L'instrument était installé au début de manière à placer les orifices au-dessous du sommet de la courbe décrite par la surface inférieure de la nappe; on le relevait ensuite progressivement de manière à traverser la nappe suivant une direction à peu près verticale. La répartition des pressions diffère complètement, suivant que l'on considère les nappes *libres*, dont la surface inférieure est en communication constante avec l'air extérieur, ou les nappes soit *adhérentes*, soit *noyées en dessous*.

» *Nappes libres*. — Si l'on promène verticalement l'orifice antérieur de l'instrument dans l'épaisseur de la nappe, on constate que, dans toutes ses positions, la somme $z + p + \frac{u^2}{2g}$ reste sensiblement constante et diffère peu de la charge $h$, mesurée en amont du déversoir. Le principe de D. Bernoulli se trouve ainsi vérifié expérimentalement d'une manière très nette. Si l'on compare ensuite les résultats obtenus pour différentes charges, on reconnaît aisément que $p$ et $\frac{u^2}{2g}$ varient proportionnellement à $h$, c'est-à-dire qu'à une même valeur de $\frac{z}{h}$ répondent dans toutes les expériences des valeurs égales pour $\frac{p}{h}$ et $\frac{u^2}{2gh}$; par suite, on peut, en prenant $\frac{z}{h}$ comme abscisse, représenter par des courbes uniques et applicables à toutes les charges les valeurs de $\frac{p}{h}$, $\frac{u^2}{2gh}$ et $\frac{u}{\sqrt{2gh}}$.

---

(¹) $p$ représente ici l'excès, évalué en hauteur d'eau, de la pression réelle P sur la pression atmosphérique $\Pi$.

» L'examen de ces courbes montre que le maximum de $p$ est égal à $0,18h$, et se trouve placé à une hauteur $z = 0,34h$ au-dessus de la crête du déversoir ; ces résultats sont d'accord avec ceux qu'avait obtenus M. Boussinesq dans ses recherches théoriques sur les déversoirs. La vitesse $u$ décroît régulièrement depuis la surface inférieure de la nappe, où elle est $0,94\sqrt{2gh}$, jusqu'à la surface supérieure, où elle se réduit à $0,47\sqrt{2gh}$. Enfin, si l'on déduit de la courbe des $\frac{u}{\sqrt{2gh}}$ la valeur moyenne de $u$ pour toute l'épaisseur $\eta$ de la nappe, et si l'on multiplie cette moyenne par $\eta$ pour déterminer le débit, on retrouve à fort peu près le coefficient obtenu par les expériences de tarage directes.

» *Nappes adhérentes à la face aval du barrage* (¹). — La répartition des pressions est beaucoup moins simple que dans le cas précédent. La pression P sous la nappe est notablement inférieure à la pression atmosphérique $\Pi$, de telle sorte que la différence $p = P - \Pi$ devient négative. Cette *non-pression* croît avec la charge $h$ et peut atteindre $2h$ ; elle est intimement liée au coefficient de débit, qui s'élève beaucoup et surpasse de près d'un tiers celui de la nappe libre.

» Si l'on traverse la nappe de bas en haut, on rencontre d'abord des pressions P croissantes ; la différence $p = P - \Pi$ finit par devenir nulle, puis positive, et atteint un certain maximum au delà duquel elle décroît, pour s'annuler de nouveau à la surface supérieure. Ce maximum est fort inférieur à celui que nous avons constaté dans les nappes libres, car il ne s'élève qu'à quelques centièmes de $h$. La nappe adhérente se trouve donc formée d'un noyau où la non-pression est très accusée et, dans les couches liquides qui l'enveloppent, la pression surpasse à peine celle de l'atmosphère, de sorte que, si l'on perce cette enveloppe en y introduisant un corps solide, l'air se précipite avec force dans l'intérieur ; on s'explique ainsi le défaut de stabilité de ce genre de nappes.

» *Nappes noyées en dessous.* — La question se complique encore davantage lorsque l'on passe au cas plus général des nappes noyées en dessous. En effet, tandis que les nappes adhérentes que nous venons de considérer sont indépendantes du niveau d'aval, les nappes noyées en dessous sont au contraire souvent influencées par ce niveau. Lorsque le niveau d'aval est suffisamment abaissé, la répartition des pressions rappelle celle qui a lieu dans les nappes adhérentes, si ce n'est que la non-pression est moitié

---

(¹) *Voir* notre Note du 3 octobre 1887 (*Comptes rendus*, t. CV, p. 568).

moindre et que le maximum absolu des pressions $p$ y est un peu plus élevé. Mais lorsqu'on relève progressivement le plan d'eau d'aval, on voit, bien avant qu'il n'atteigne le niveau de la crête du déversoir, les courbes de pression se déplacer en même temps. Lorsque ce plan d'eau a dépassé la crête, les pressions inférieures à celles de l'atmosphère disparaissent complètement ; $p$ reste positif dans toute l'épaisseur de la nappe et présente un minimum et un maximum, qui se rapprochent l'un de l'autre en position et en valeur absolue, à mesure que l'on élève le niveau d'aval. En même temps, le coefficient de débit, qui dépend principalement du minimum de $p$, va en décroissant et finit par être inférieur à celui de la nappe libre. Ces détails compliqués, qui excéderaient les limites de la présente Note, feront l'objet d'une Communication ultérieure. »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *De quelques objections à la théorie de la circulation verticale profonde dans l'Océan.* Note de M. **J. Thoulet**, présentée par M. Bouquet de la Grye.

« On admet généralement que les eaux océaniques, obéissant à diverses causes parmi lesquelles il faut compter la chaleur solaire, l'évaporation, la rotation terrestre et les vents réguliers, sont animées, dans chaque hémisphère, d'un mouvement de translation de l'équateur vers les pôles à la surface. Parvenues dans les hautes latitudes, par suite du refroidissement qu'elles éprouvent, elles descendent dans les profondeurs, rampent sur le lit de l'Océan depuis les pôles jusqu'à l'équateur, remontent perpendiculairement et gagnent la surface, pour y continuer le cycle de cette circulation dite *verticale*.

» Cette théorie donne prise à plusieurs objections qui semblent l'infirmer, autant du moins qu'on en puisse juger en l'absence de Cartes topographiques du fond de l'Océan et de Cartes isothermiques détaillées que la Science ne possède pas encore et qui seraient seules capables de résoudre le problème.

» Sauf dans les mers polaires peu profondes, les températures les plus basses ont été constatées dans les portions les plus profondes du lit océanique, au large du Pérou et du Chili, de l'embouchure de la Plata et dans la fosse des Kouriles, sur des aires limitées et sans communication avec les régions polaires, ce qui contredit l'hypothèse d'un afflux d'eaux froides arrivant des pôles.

» L'observation prouve que les sédiments marins profonds, dont les argiles rouges constituent le dernier terme, sont au maximum d'oxydation. La présence de l'oxygène en dissolution dans les eaux abyssales, sur laquelle on avait cru devoir s'appuyer pour nier l'existence de régions de stagnation, s'explique parfaitement, puisque, dans les grands fonds, rien n'est capable de s'emparer de ce gaz.

» Les minéraux prenant naissance dans les grands fonds (christianite en cristaux, nodules manganésiens) sont solubles dans l'eau de mer. Leur formation ne peut avoir lieu qu'au sein d'un milieu saturé de leurs éléments composants et, par conséquent, immobile.

» Si un courant transportait les eaux tout le long du sol sous-marin des pôles à l'équateur, il transporterait aussi les vases légères et, contrairement à ce qu'on observe, les matériaux se disposeraient par ordre croissant de finesse, des pôles à l'équateur.

» Un bassin en bois, de $1^m$ de longueur et $0^m,65$ de largeur, rempli d'eau, soit douce, soit salée, à la surface duquel sont disposées, d'un côté une boîte en cuivre chauffée par quarante-six becs de gaz, de l'autre une cuve pleine de glace, ne laisse distinguer aucun courant. On n'éprouve même pas la moindre sensation de chaleur en mettant la main presque au contact de la boîte chaude.

» Les Cartes schématiques des densités profondes publiées par le *Challenger*, et sur lesquelles on voit les eaux de l'Océan disposées par nappes d'égale densité irrégulières, de sorte que des eaux lourdes surnagent souvent des eaux plus légères, ne sont point l'expression de la vérité. En dressant ces Cartes, on a eu le tort de réduire les densités à une même température normale et de ne point leur faire subir la correction de compressibilité. Si l'on reprend les valeurs observées par M. J.-Y. Buchanan, si on les ramène à la température *in situ* et si enfin on leur applique la formule de compressibilité de Mohn $S_n = S(1 + 0,0000046614_n)$, où $S_n$ est la densité à $n$ mètres de profondeur d'une eau de densité S à la surface, les couches se superposent régulièrement par ordre de densités décroissantes du fond à la surface. Il est douteux qu'une eau lourde occupant le fond se décide à remonter verticalement à l'équateur à travers plusieurs milliers de mètres d'eaux plus légères, pour faire place à des eaux venant du pôle. L'eau de ces régions, protégée par la glace qui les recouvre, ne se refroidit pas indéfiniment.

» En attendant les Cartes, seules capables de trancher la question d'une

manière définitive, on serait donc fondé à croire à l'existence de deux zones superposées : l'une de repos, où l'eau en équilibre stable, résultat de l'action des siècles et remontant peut-être aux époques géologiques antérieures, serait pour ainsi dire à l'état fossile comme la glace fossile terrestre des environs du détroit de Behring; la seconde d'épaisseur ne dépassant probablement pas un millier de mètres, et au sein de laquelle s'accomplissent et effectuent leur cycle entier tous les phénomènes ayant pour résultante les courants marins, le problème le plus compliqué de l'Océanographie. Cette dernière zone commencerait à la surface et serait limitée par la couche de variation thermique annuelle nulle, dont la profondeur, évidemment variable en divers points du globe, ne pourra être déterminée que par l'observation directe. »

M. **Bouquet de la Grye**, tout en applaudissant aux très intéressantes recherches de M. Thoulet en Océanographie et à l'interprétation qu'il donne des Cartes de densité du *Challenger*, ne peut toutefois admettre comme suffisantes ses preuves fournies à l'appui de l'immobilité du fond des Océans.

« Le mouvement ascensionnel des eaux froides sous les tropiques, provoqué par l'évaporation, ne peut en effet être mesuré directement, à cause de sa lenteur; par suite, l'expérience faite par M. Thoulet ne pourrait avoir de valeur réelle que si elle avait été longtemps prolongée et absolument négative.

» Il est bien difficile, d'ailleurs, d'admettre cette immobilité absolue, puisque le jeu des marées produit des courants alternatifs dans toute la masse des eaux profondes. Le courant circulaire de l'océan Atlantique nord pourrait-il d'ailleurs avoir lieu seulement à la surface? »

### CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur le problème de Saint-Pétersbourg.* Note de M. Seydler.

« Pierre joue avec Paul aux conditions connues; ajoutons la nouvelle condition : on doit jeter la monnaie $n$ fois, ni plus ni moins (la partie recommençant au besoin jusqu'à ce que le nombre $n$ soit atteint).

» L'enjeu de Paul est $f(n)$. Il y a $2^n$ combinaisons, toutes également

probables; supposons-les toutes advenues, en répétant le jeu $2^n$ fois, et soit $F(n)$ la somme payée dans cette hypothèse par Pierre. Alors

$$F(n) = 2^n f(n),$$

et l'on pourrait calculer $f(n)$ en faisant le dénombrement de $F(n)$. Mais il y a une relation très simple entre $F(n+1)$ et $F(n)$.

» Dans l'hypothèse de $(n+1)$ jets, on obtient les $2^{n+1}$ combinaisons possibles, en ajoutant aux $2^n$ combinaisons précédentes, pile $(a)$ ou face $(b)$, ce qu'on peut faire au commencement ou à la fin de chaque partie.

» Des $2^n$ combinaisons de $n$ jets, il y a

| | | |
|---|---|---|
| $2^{n-1}$ | commençant avec | $b$ |
| $2^{n-2}$ | » » | $ab$ |
| $2^{n-3}$ | » » | $aab$ |
| ........ | ........ | ........ |
| 1 | de la forme | $aaa\ldots aab$ |
| 1 | » | $aaa\ldots aaa$ |
| Somme $= 2^n$ | | |

» Ajoutons d'abord $b$ au commencement; on aura ajouté 1[fr] à la somme provenant de chaque combinaison; on aura donc la somme totale

$$F(n) + 2^n.$$

» Ajoutons $a$ au commencement; on aura redoublé la valeur du premier gain de chaque combinaison; on aura donc ajouté à $F(n)$ la somme

$$2^{n-1} + 2 \times 2^{n-2} + 2^2 \times 2^{n-3} + \ldots + 2^{n-1}.2^0 = n.2^{n-1}.$$

» On a donc enfin

$$F(n+1) = 2F(n) + (n+2).2^{n-1},$$
$$2^{n+1} f(n+1) = 2^{n+1} f(n) + (n+2).2^{n-1},$$
$$f(n+1) = f(n) + \frac{n+2}{4},$$

équation dont la solution est

$$f(n) = \frac{n(n+3)}{8},$$

vu qu'on doit avoir

$$f(1) = \tfrac{1}{2}.$$

» Soit, en second lieu, $m = \varphi(n)$ le nombre probable des parties dans l'hypothèse de $n$ jets. On peut déterminer $\varphi(n)$ de la même manière que $f(n)$. Soit $\varphi(n)$ le nombre des parties contenues dans toutes les $2^n$ combinaisons possibles; on a

$$\Phi(n) = 2^n \varphi(n).$$

» On obtient $\Phi(n+1)$ de $\Phi(n)$, en ajoutant au commencement de chaque combinaison (dont le nombre est $2^n$) ou pile ($a$), ce que ne change pas le nombre $\Phi(n)$, ou face ($b$), ce qu'augmente le même nombre de $2^n$. On a donc

$$\Phi(n+1) = 2\Phi(n) + 2^n,$$
$$2^{n+1}\varphi(n+1) = 2^{n+1}\varphi(n) + 2^n,$$
$$\varphi(n+1) = \varphi(n) + \tfrac{1}{2},$$

équation dont la solution est

$$\varphi(n) = \frac{n+1}{2},$$

parce qu'on doit avoir

$$\varphi(1) = 1.$$

» L'enjeu *moyen* de Paul pour une partie doit être

$$N = \frac{f(n)}{\varphi(n)} = \frac{n(n+3)}{4(n+1)}.$$

» Quand on accepte la condition de *terminer le jeu à la première arrivée de face* (cette condition est, à mon avis, la cause de l'aspect paradoxal du problème, parce qu'elle exclut la répétition du jeu et ôte à Paul la possibilité de prendre sa revanche), on rentre dans l'hypothèse d'un $n$ illimité, parce qu'on ne peut pas assigner un nombre $n$ assez grand, qui *devrait* finir le jeu. On peut regarder le jeu proposé comme le premier dans une série infinie d'autres jeux semblables, dont l'enjeu a la même valeur probable N; et, que le jeu proposé soit le *premier*, cela ne change en rien la valeur probable de son enjeu, qui doit donc être

$$N = \lim_{n=\infty} \frac{n(n+3)}{4(n+1)} = \infty.$$

» Les deux problèmes, celui de Saint-Pétersbourg et celui dont j'ai donné la solution, sont différents pour $n$ fini, mais deviennent identiques pour $n$ infiniment grand. »

GÉOMÉTRIE. — *Sur les surfaces réglées dont l'élément linéaire est réductible à la forme de Liouville;* par M. **Demartres**.

M. **Demartres** demande l'ouverture d'un pli cacheté, qui a été déposé par lui, le 11 décembre 1889, et inscrit sous le n° 4480. Il ajoute :

« Je vous prie de vouloir bien constater que ce pli renferme l'énoncé et la démonstration complète des résultats suivants :

» *Les surfaces réglées qui admettent un système de Liouville sont définies par les conditions suivantes :*

» 1° *Le paramètre de distribution des normales est une fonction elliptique de l'arc de la ligne de striction.*

» 2° *La tangente de l'angle que fait la ligne de striction avec la génératrice est proportionnelle à ce paramètre de distribution.*

» Dans ce même pli, je démontre que les seules surfaces réglées réelles applicables sur une surface de révolution sont celles qu'a trouvées M. Bioche (*Comptes rendus*, 19 mars 1888).

» Ces théorèmes se rattachant à la question de concours du prix Bordin, j'avais cru devoir m'abstenir de les publier; mais les *Comptes rendus* de la séance du 3 février contenant une Note de M. Raffy qui renferme, quoique sans démonstration, l'un de mes résultats, j'espère que l'Académie voudra bien publier ce court résumé de mon Mémoire.

» D'ailleurs, la méthode que j'ai suivie peut être généralisée. Le $ds^2$ d'une surface étant mis sous la forme $E\,du^2 + 2F\,du\,dv + G\,dv^2$, et l'intégrale auxiliaire sous la forme

$$Ap^2 + 2Bpq + Cq^2 = \text{const.},$$

si l'on combine les équations de condition qui expriment l'existence de cette intégrale de manière à en faire disparaître les dérivées de A, B, C, par rapport à $v$, on obtient, comme on peut s'en assurer, un système de trois équations différentielles linéaires du second ordre, ne contenant que les dérivées de A, B, C, par rapport à $u$, et qui, par conséquent, peuvent être considérées comme des équations différentielles ordinaires. J'ajoute que les zéros ou les pôles (par rapport à $u$) des fonctions E, F, G sont simplement des pôles pour les coefficients des équations en question.

» Donc, *toutes les fois que* E, F, G *seront rationnels par rapport à l'une*

*des variables, u par exemple, on pourra déterminer* a priori *les coefficients* A, B, C *par la discussion d'équations différentielles linéaires de la même forme que celles qui ont été étudiées par M. Fuchs. Les valeurs ainsi obtenues seront trop générales; on devra achever de les déterminer en écrivant que, substituées dans les équations primitives, elles les réduisent à des identités.*

» Par exemple, le $ds^2$ d'une surface cerclée peut toujours être ramené à la forme

$$(1+u^2)^4\, ds^2 = \mathrm{M}\, du^2 + 2\mathrm{N}\, du\, dv + \mathrm{P}\, dv^2,$$

M, N, P étant des polynômes respectivement de degrés 0, 2 et 4 par rapport à $u$. La méthode précédente m'a permis d'obtenir un assez grand nombre de surfaces cerclées admettant des systèmes de Liouville.

» La même méthode s'applique évidemment à toute classe de surfaces admettant comme génératrices une suite de courbes unicursales. »

(Le pli cacheté est ouvert en séance par M. le Secrétaire perpétuel. La Note qu'il contient est renvoyée à l'examen de MM. Darboux et Picard.)

GÉOMÉTRIE. — *Sur les surfaces dont l'élément linéaire est réductible à la forme* $ds^2 = \mathrm{F}(\mathrm{U}+\mathrm{V})(du^2+dv^2)$. Note de M. **A. Petot**, présentée par M. Darboux.

« En chaque point M d'une surface S, considérons une sphère $\sigma$, ayant pour centre M et pour rayon une fonction R des coordonnées $u$ et $v$ de ce point. La droite D, qui joint le point M à l'un des deux points N où $\sigma$ touche son enveloppe, engendre une congruence $\Sigma$ de normales.

» M. Beltrami a fait voir qu'une pareille congruence $\Sigma$ de normales reste congruence de normales après toute déformation de S qui conserve l'élément linéaire; j'ai été ainsi conduit à penser qu'il peut être utile de faire intervenir ces congruences $\Sigma$ dans l'étude de la déformation de la surface S. Si l'on désigne par $x, y, z$, X, Y, Z les coordonnées des points M et N, on a

$$(1) \qquad (\mathrm{X}-x)^2 + (\mathrm{Y}-y)^2 + (\mathrm{Z}-z)^2 - \mathrm{R}^2 = 0,$$

$$(2) \qquad (\mathrm{X}-x)\frac{\partial x}{\partial u} + (\mathrm{Y}-y)\frac{\partial y}{\partial u} + (\mathrm{Z}-z)\frac{\partial z}{\partial u} + \mathrm{R}\frac{\partial \mathrm{R}}{\partial u} = 0,$$

$$(3) \qquad (\mathrm{X}-x)\frac{\partial x}{\partial v} + (\mathrm{Y}-y)\frac{\partial y}{\partial v} + (\mathrm{Z}-z)\frac{\partial z}{\partial v} + \mathrm{R}\frac{\partial \mathrm{R}}{\partial v} = 0.$$

» Soient $\lambda, \lambda', \lambda''$ les cosinus directeurs de la droite D et $a, a', a''$; $b, b', b''$ ceux des tangentes aux courbes $(v)$ et $(u)$. Si l'on pose

$$(4) \qquad ds^2 = E\,du^2 + G\,dv^2,$$

on a

$$(5) \qquad a = \frac{1}{\sqrt{E}}\frac{\partial x}{\partial u}, \qquad b = \frac{1}{\sqrt{G}}\frac{\partial x}{\partial v}, \qquad \lambda = \frac{X - x}{R},$$

et des valeurs analogues pour $a'$, $a''$, $b'$, $\lambda''$.

» Si maintenant on désigne par $\theta$, $\alpha$ et $\beta$ les angles de la droite D avec la normale à la surface S et avec les tangentes aux courbes $(v)$ et $(u)$, on déduit des équations (2) et (3)

$$(6) \qquad \cos\alpha = -\frac{1}{\sqrt{E}}\frac{\partial K}{\partial u}, \qquad \cos\beta = -\frac{1}{\sqrt{G}}\frac{\partial R}{\partial u},$$

$$(7) \qquad \sin^2\theta = \frac{1}{E}\left(\frac{\partial R}{\partial u}\right)^2 + \frac{1}{G}\left(\frac{\partial R}{\partial v}\right)^2.$$

» Ces dernières formules montrent que, pour une même expression de R, les angles $\alpha$, $\beta$ et $\theta$ dépendent seulement de E et de G; de là résulte une vérification du théorème de M. Beltrami.

» D'autre part, supposons que l'on ait

$$(8) \qquad E = G = F(U + V),$$

où U et V sont deux fonctions arbitraires, la première de $u$ et la seconde de $v$, et où F est une fonction arbitraire de la somme $U + V$; puis considérons deux séries de sphères $\sigma_1$ et $\sigma_2$ dont les rayons sont respectivement

$$(9) \qquad R_1 = \int_{u_0}^{u} \sqrt{U'}\,du, \qquad R_2 = \int_{v_0}^{u} \sqrt{V'}\,dv.$$

» La formule (7) donne

$$(10) \qquad \sin^2\theta_1 = \frac{1}{E}U', \qquad \sin^2\theta_2 = \frac{1}{E}V'.$$

» Prenons maintenant les dérivées de $\sin^2\theta_1$ et de $\sin^2\theta_2$ pour des déplacements effectués respectivement suivant les tangentes aux courbes $(u)$ et $(v)$; on a, en désignant par $ds_1$ et $ds_2$ les éléments d'arc des courbes $(v)$ et $(u)$,

$$(11) \qquad \frac{d\sin^2\theta_1}{ds_2} = -\frac{U'V'E'}{E^{\frac{5}{2}}} = \frac{d\sin^2\theta_2}{ds_1},$$

en représentant par E′ la dérivée de E par rapport à la somme U + V. De là, ce premier résultat : les dérivées de $\sin^2\theta_1$ et de $\sin^2\theta_2$ prises suivant les déplacements alternés $ds_2$ et $ds_1$ sont égales.

» Réciproquement, si, en supposant la surface S rapportée à un système de coordonnées orthogonales et isothermes, on a, dans les conditions indiquées plus haut,

$$(12)\qquad \frac{d\sin^2\theta_1}{ds_2} = \frac{d\sin^2\theta_2}{ds_1},$$

on en déduit, en tenant compte des relations (10),

$$(13)\qquad U'\frac{\partial E}{\partial v} - V'\frac{\partial E}{\partial u} = 0;$$

d'où

$$(14)\qquad E = F(U+V).$$

» De là le théorème suivant :

» *Pour que l'élément linéaire d'une surface* S *soit réductible à la forme*

$$ds^2 = F(U+V)(du^2+dv^2),$$

*il faut et il suffit que l'on puisse mener par chaque point* M *de la surface, dans des plans* $P_1$ *et* $P_2$ *respectivement normaux à des courbes formant un système orthogonal et isotherme, deux droites* $D_1$ *et* $D_2$, *engendrant deux congruences de normales, et formant avec la normale à la surface* S *des angles* $\theta_1$ *et* $\theta_2$, *qui vérifient, en chaque point, la relation*

$$(15)\qquad \frac{d\sin^2\theta_1}{ds_2} = \frac{d\sin^2\theta_2}{ds_1},$$

*où les dérivées de* $\sin^2\theta_1$ *et de* $\sin^2\theta_2$ *sont prises respectivement pour des directions perpendiculaires à* $P_1$ *et* $P_2$.

» Quand on particularise la fonction F de la somme U + V, on peut, quelquefois, simplifier le résultat exprimé par la relation (15). Considérons, par exemple, les surfaces dont l'élément linéaire est réductible à la forme de Liouville. Si l'on prend

$$(16)\qquad R_1 = \int_{u_0}^{u}\sqrt{U}\,du,\qquad R_2 = \int_{v_0}^{v}\sqrt{V}\,dv,$$

on obtient

$$(17)\qquad \sin^2\theta_1 = \frac{U}{E}, \qquad \sin^2\theta_2 = \frac{V}{E}$$

et, par suite,

$$(18)\qquad \sin^2\theta_1 + \sin^2\theta_2 = 1,$$

ce qui montre que l'on peut choisir $\theta_1$ et $\theta_2$ de manière à avoir en chaque point

$$(19)\qquad \theta_1 + \theta_2 = \frac{\pi}{2}.$$

» De là le théorème suivant :

» *Pour que l'élément linéaire d'une surface* S *soit réductible à la forme de Liouville, il faut et il suffit que l'on puisse mener par chaque point* M *de la surface, dans des plans* $P_1$ *et* $P_2$ *respectivement normaux à des courbes formant un système orthogonal et isotherme, deux droites* $D_1$ *et* $D_2$, *engendrant deux congruences de normales, et formant avec la normale à la surface* S *des angles qui, en chaque point de cette surface, sont complémentaires l'un de l'autre.*

» Remarquons que le même raisonnement s'applique et conduit à des résultats analogues, quand on a

$$E = (U + V)^m. \text{ »}$$

ASTRONOMIE. — *Note sommaire sur l'observation de l'éclipse totale de Soleil du* 22 *décembre* 1889, par M. **A. de la Baume Pluvinel.**

« Dans le courant du mois de septembre 1889, j'exprimais, au Bureau des Longitudes, le désir d'aller observer l'éclipse du 22 décembre, afin d'appliquer à l'étude de ce phénomène les procédés de la Photographie. M. Janssen, à qui je fus recommandé par le Bureau des Longitudes, eut la bonté de me donner des conseils et de mettre à ma disposition des instruments lui appartenant, ainsi que des appareils de l'observatoire de Meudon. De plus, le Ministère de l'Instruction publique m'accorda une mission officielle, afin de faciliter mon voyage et mon séjour à l'étranger.

» Je choisis, pour lieu d'observation, l'île Royale, située dans le groupe des îles du Salut, à $50^{km}$ au nord de Cayenne.

» Mes instruments se composaient de :

» 1° Une monture parallactique portant cinq chambres photographiques, munies d'objectifs de pouvoir lumineux différents. Ces objectifs donnaient des images du Soleil de $6^{mm}$ de diamètre environ.

» 2° Un télescope de $0^m,38$ d'ouverture et de $1^m,42$ de foyer, muni d'un appareil pour photographier le spectre de la couronne. Pendant la durée du phénomène, je faisais mouvoir le télescope à la main, afin de maintenir constamment la fente du spectroscope suivant l'équateur du Soleil.

» 3° Un appareil permettant d'exposer à la lumière émise par la couronne les différentes parties d'une plaque photographique, pendant des temps variables.

» La même expérience ayant été répétée aussitôt après l'éclipse, en exposant l'appareil à la lumière du Soleil, on pourra déterminer le rapport des intensités des lumières de la couronne et du Soleil, en comparant les teintes des diverses parties des plaques.

» Ces trois appareils furent montés à l'île Royale, et prêts à fonctionner la veille du jour de l'éclipse.

» Le jour même du phénomène, ainsi que les jours précédents, le temps était peu favorable. Cependant le ciel se découvrit vers le milieu de l'éclipse, et la totalité put être observée en entier, quoiqu'au travers d'un léger cirrus. La durée de la phase totale n'a été que de $2^m 7^s$, alors que la durée calculée était de $2^m 15^s$.

» L'examen des photographies de la couronne a donné lieu jusqu'ici aux remarques suivantes :

» La couronne a présenté le même aspect général que lors de l'éclipse du 1er janvier 1889. Il semble donc que, dans l'espace d'une année, la structure de la couronne ne s'est pas sensiblement modifiée.

» La couronne était peu étendue et peu lumineuse : elle débordait du disque de la Lune, de 18′ environ suivant l'équateur solaire, et de 6′ seulement aux pôles. Le peu d'étendue de la couronne en 1889 et sa ressemblance avec les couronnes de 1867 et 1878 viennent confirmer l'hypothèse d'une relation intime entre l'intensité des phénomènes extra-solaires et la fréquence des taches du Soleil.

» L'aspect des aigrettes lumineuses qui constituent la couronne, et notamment la forme curviligne des aigrettes dans le voisinage des pôles, semble prouver l'existence de courants de matières soumises à deux forces : une force de projection normale à la sphère solaire, et une force centrifuge développée par la rotation du Soleil autour de son axe.

» Une première comparaison des cinq épreuves montre que les objectifs les plus lumineux n'ont pas donné des images plus complètes que les objectifs les moins lumineux. L'emploi d'instruments trop puissants n'est même pas à recommander, car l'image qu'ils donnent du ciel peut être assez intense pour se confondre avec l'image des régions peu lumineuses de la couronne.

» La plaque photographique du spectroscope n'a malheureusement donné aucun résultat utile. Ce fait prouve que l'appareil employé n'était pas assez lumineux pour ce genre d'expériences.

» Quant aux plaques qui doivent permettre de mesurer l'intensité de la couronne, elles ne sont pas encore développées. Je me propose de faire cette opération dès que j'aurai pu exposer le photomètre photographique à la lumière de la pleine Lune et à des lumières artificielles. Les plaques obtenues dans ces conditions seront développées en même temps que les plaques de l'éclipse, afin d'obtenir des clichés comparables.

» J'aurai l'honneur de rendre compte de ces expériences à l'Académie, et de lui communiquer ultérieurement le résultat de la discussion complète des photographies. »

PHYSIQUE. — *Calcul de la compressibilité de l'air jusqu'à* $3000^{atm}$.
Note de M. Ch. Antoine [1]. (Extrait.)

« Dans la relation $pv = D(\beta + t)$ (la pression $p$ étant exprimée en atmosphères et le volume $v$ en litres), on a pour l'air

$$\beta = 273,6 - \sqrt{p}.$$

» D'après les expériences de Regnault, le coefficient D reste sensiblement constant jusqu'à $27^{atm}$; pour $1^{kg}$ d'air, je prendrai comme première approximation

Jusqu'à $40^{atm}$ .......... $D = 2,835$
Au-dessus de $40^{atm}$...... $D = 2,835 + 0,0018(p - 40)$ [1]

» Avec ces valeurs de $\beta$ et de D, on a, pour $t = 0$, le Tableau ci-après,

---

[1] Voir *Comptes rendus* du 20 janvier 1890.

qui coordonne les faits relatifs à la compression de l'air :

| p. | pv. | D. | p. | pv. | D. | p. | pv. | D. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| atm | | | atm | | | atm | | |
| 1...... | 772,8 | 2,835 | 160...... | 830,9 | 3,184 | » | » | » |
| 20...... | 963,0 | 2,835 | 180...... | 845,0 | 3,248 | 750... | 1364,7 | 5,299 |
| 40...... | 757,7 | 2,835 | 200...... | 859,6 | 3,313 | 1000... | 1516,5 | 6,267 |
| 60...... | 766,7 | 2,884 | 220...... | 874,6 | 3,380 | 1500... | 1945,0 | 8,281 |
| 80...... | 777,8 | 2,939 | 240...... | 889,7 | 3,447 | 2000... | 2371,9 | 10,363 |
| 100...... | 790,3 | 2,998 | 260...... | 904,8 | 3,524 | 2500... | 2795,5 | 12,502 |
| 120...... | 803,2 | 3,058 | 280...... | 920,1 | 3,582 | 3000... | 3213,2 | 14,683 |
| 140...... | 816,7 | 3,120 | 300...... | 935,7 | 3,651 | » | » | » |

» Il est facile de vérifier que la relation $pv = D(\beta + t)$ s'applique avec une grande approximation, soit aux résultats des premières expériences de Regnault ([1]), soit aux résultats de ses secondes expériences ([2]), soit enfin aux résultats des expériences de M. Amagat ([3]). »

ÉLECTRICITÉ. — *Extension des théorèmes relatifs à la conservation des flux de force et d'induction magnétiques*. Note de M. **Paul Janet**, présentée par M. Poincaré.

« Lorsqu'un courant circule à l'intérieur d'un conducteur, il crée un champ magnétique à l'intérieur, aussi bien qu'à l'extérieur, de ce conducteur. D'après une remarque de Maxwell, ces champs magnétiques intérieurs sont caractérisés par la propriété essentielle de ne pas dériver d'un potentiel. En effet, les équations fondamentales

$$4\pi u = \frac{\partial\beta}{\partial z} - \frac{\partial\gamma}{\partial y},$$

$$4\pi v = \frac{\partial\gamma}{\partial x} - \frac{\partial\alpha}{\partial z},$$

$$4\pi w = \frac{\partial\alpha}{\partial y} - \frac{\partial\beta}{\partial x},$$

dans lesquelles $u$, $v$, $w$ sont les composantes du courant, $\alpha$, $\beta$, $\gamma$ celles de la

---

([1]) *Mémoires de Regnault,* t. I, p. 374 et suiv.

([2]) *Ibid.,* t. II, p. 235.

([3]) Voir *Comptes rendus,* séance du 17 septembre 1888.

force magnétique au point $(x, y, z)$, montrent que l'expression

$$\alpha\, dx + \beta\, dy + \gamma\, dz$$

est une différentielle exacte en dehors des conducteurs, mais non à l'intérieur de ceux-ci. Nous désignerons, pour abréger, ces champs intérieurs sous le nom de *champs non conservatifs*. Tout récemment, M. P. Joubin a vérifié par l'expérience la distribution des forces magnétiques à l'intérieur d'un conducteur cylindrique ([1]). Moi-même, j'ai étudié l'aimantation transversale produite sous l'influence de ces forces dans un cylindre ou un tube cylindrique en fer ([2]). Je demande la permission de communiquer à l'Académie les principaux résultats contenus dans un Mémoire plus étendu sur ce sujet, actuellement à l'impression.

» Les théorèmes bien connus sur la conservation des flux de force et d'induction magnétiques ne sont établis que pour les régions extérieures aux conducteurs, c'est-à-dire pour des champs conservatifs. Je me propose de les étendre aux régions intérieures, c'est-à-dire à des champs non conservatifs.

» Rappelons d'abord les conditions nécessaires et suffisantes pour la conservation du flux d'un vecteur affecté de surfaces de discontinuité. Ces conditions, énoncées par Maxwell, sont au nombre de deux :

» 1° Il faut que les composantes X, Y, Z du vecteur F satisfassent en tous les points de l'espace (sauf les surfaces de discontinuité) à l'équation

$$\frac{\partial X}{\partial x} + \frac{\partial Y}{\partial y} + \frac{\partial Z}{\partial z} = 0$$

(*équation solénoïdale générale*).

» 2° Il faut que la composante $F_n$, normale à une surface de discontinuité, soit une fonction continue des coordonnées, c'est-à-dire satisfasse à l'équation

$$F_n = F'_n$$

(*équation solénoidale à la surface*).

» Cela posé, considérons d'abord le cas où les conducteurs ne sont ni des aimants permanents ni des corps magnétiques. Soient F, G, H les composantes du potentiel vecteur; on a, en tout point de l'espace, y compris

---

([1]) *Comptes rendus*, t. CX, p. 231.

([2]) *Comptes rendus*, t. CV, p. 934; t. CVI, p. 200.

l'intérieur des conducteurs,

$$\alpha = \frac{\partial G}{\partial z} - \frac{\partial H}{\partial y},$$
$$\beta = \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\partial F}{\partial z},$$
$$\gamma = \frac{\partial F}{\partial y} - \frac{\partial G}{\partial x}.$$

» Je dis que le flux de force se conserve dans tout l'espace, y compris l'intérieur des conducteurs. En effet :

» 1° En différentiant par rapport à $x$, $y$, $z$ et ajoutant, on obtient

$$\frac{\partial \alpha}{\partial x} + \frac{\partial \beta}{\partial y} + \frac{\partial \gamma}{\partial z} = 0.$$

Donc la condition solénoïdale générale est remplie dans tout l'espace.

» 2° F, G, H pouvant être considérés comme des potentiels scalaires de matières fictives ayant respectivement pour densités $u$, $v$, $w$, leurs dérivées partielles sont continues dans tout l'espace ; il en est donc de même de $\alpha$, $\beta$, $\gamma$ et, par suite, de la force magnétique et, à plus forte raison, de sa composante normale. Donc la condition solénoïdale à la surface est remplie.

» Les deux conditions solénoïdales étant ainsi satisfaites, *le flux de force magnétique se conserve dans tout l'espace, y compris les conducteurs non magnétiques parcourus par des courants quelconques.*

» La démonstration précédente perd sa valeur dans le cas d'une nappe de courant, puisque la force magnétique est alors discontinue ; néanmoins le théorème subsiste dans ce cas (d'ailleurs idéal), car :

» 1° La condition solénoïdale générale est satisfaisante ;

» 2° La composante de la force magnétique normale à la nappe est continue [1].

» Considérons maintenant le cas général où il y a des conducteurs magnétiques (aimants permanents ou substances magnétiques). L'induction magnétique en un point sera la somme (géométrique) de l'induction due aux aimants (permanents ou non) et de la force électromagnétique due aux courants. Or on sait : 1° que le flux d'induction dû aux aimants se conserve dans tout l'espace ; 2° que le flux de force électromagnétique se conserve également (*voir* plus haut). Donc le flux de leur somme (géométrique) se conserve.

---

[1] Maxwell, *Traité d'Électricité*, t. II, p. 325.

» Nous arrivons ainsi au théorème suivant :

» *Le flux d'induction magnétique se conserve dans tout l'espace, y compris les conducteurs, magnétiques ou non, parcourus par des courants quelconques.*

» Sous cette forme, le théorème de la conservation du flux d'induction nous apparaît comme le plus général de l'Électromagnétisme. On peut remarquer qu'il est établi sans aucune hypothèse sur les propriétés ou même l'existence du coefficient d'aimantation $k$. »

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les piles à électrolytes fondus et sur les forces thermo-électriques à la surface de contact d'un métal et d'un sel fondu.* Note de M. **Lucien Poincaré**, présentée par M. Lippmann.

« On peut constituer des éléments de pile en plongeant dans un sel fondu, ou porté à une température assez élevée pour devenir conducteur, deux métaux de nature différente ; on n'a pas, jusqu'à présent, étudié les systèmes ainsi formés : il m'a paru intéressant de rechercher si ces couples voltaïques obéissent aux lois établies par la théorie et par l'expérience dans le cas des piles hydro-électriques.

» I. Parmi les données nécessaires pour cette étude, l'une des plus importantes serait la connaissance de l'*effet Peltier*, P, au contact d'une électrode et du sel ; il paraît difficile de mesurer directement ce dégagement de chaleur au sein même de la masse liquide à haute température ; mais on peut le calculer par application de la formule de Sir W. Thomson

$$P = -\frac{T}{J}\frac{dE}{dt},$$

si l'on connaît la force thermo-électrique correspondante E.

» J'ai pu déterminer cette force électromotrice par la méthode de compensation, en employant un électromètre de M. Lippmann au lieu de galvanomètre ; l'appareil thermo-électrique est formé de petits vases en terre poreuse remplis de l'électrolyte fondu et plongés dans un bain du même sel ; par un procédé convenable de chauffage, on peut produire une différence entre les températures $t$ et $t'$ des deux tubes ; deux fils d'un même échantillon de métal entourent les réservoirs de deux thermomètres à mercure gradués jusqu'à 460°, parfaitement recuits et comparés tous deux à un thermomètre étudié dans des expériences antérieures ; ils plongent chacun

par une de leurs extrémités dans l'un des vases et sont reliés par l'autre à l'électromètre. Pour éviter les effets de la polarisation, on ne peut opérer qu'avec un sel du métal employé A, ou bien avec un sel d'un autre métal, auquel on a ajouté une certaine quantité du même sel de A.

» Les forces thermo-électriques ainsi mesurées ont le même signe et presque la même valeur que celles trouvées par M. Bouty [1] dans le cas des dissolutions saturées ; on constate, par exemple, qu'avec l'argent dans l'azotate d'argent fondu la force thermo-électrique E est sensiblement indépendante de la valeur absolue des températures et proportionnelle à la différence $t - t'$; elle a pour valeur entre 310° et 400°, pour une différence de $\theta^\circ$ (rapportée au thermomètre à air), $E = 0^{\text{volt}},00027.\theta$ (en dissolution, $E = 0^{\text{volt}},00024.\theta$); le métal chaud est à l'extérieur le pôle négatif; au contraire, avec le zinc dans le chlorure de zinc, le zinc chaud est positif et la force électromotrice est égale à $0^{\text{volt}},00013$ pour 1° (en dissolution très concentrée, M. Bouty a trouvé exactement la même valeur).

» Si le sel vient à se solidifier dans l'un des vases, on ne constate pas de changement dans la force thermo-électrique; il est également indifférent qu'il se solidifie dans l'autre. Le métal considéré peut lui-même être amené à l'état liquide, comme le bismuth dans le trichlorure de bismuth ; on ne constate aucune variation dans la valeur de la force thermo-électrique au moment de la fusion.

» Quand on mélange de l'azotate de soude avec de l'azotate d'argent, la force thermo-électrique au contact de l'argent varie avec le poids $x$ d'azotate d'argent contenu dans $1^{\text{gr}}$ du mélange, suivant la formule

$$E = \frac{a \times 10^{-5} \text{ volts}}{b + x}\theta, \qquad \text{où} \qquad a = 58,16, \qquad b = 1,154.$$

Dans ce cas, des troubles considérables se produisent lorsque le sel se solidifie dans l'un des vases ; ils sont dus à des différences de concentration produites par des inégalités dans la solidification [2].

» II. On sait que, dans le cas le plus ordinaire où la loi de Volta (deux métaux réunis par un même électrolyte de manière à former une pile ouverte se mettent au même niveau potentiel) s'applique, l'effet Peltier

---

[1] *Comptes rendus*, t. XC, p. 217.

[2] On constate, en effet, directement, l'existence de courants dus à des différences de concentration de l'azotate d'argent dans l'azotate de soude fondus, baignant deux électrodes d'argent; la force électromotrice d'un tel système peut atteindre jusqu'à $0^{\text{volt}},22$.

mesure la différence entre la *chaleur chimique* et la *chaleur voltaïque* d'une pile réversible ; si cette différence est nulle, la théorie d'Helmholtz ([1]) permet de prévoir que la force électromotrice doit être indépendante de la température. Malheureusement, pour vérifier ces conséquences, dans le cas des piles à électrolytes fondus, on ne peut employer qu'un nombre très restreint de couples à cause de la nécessité d'opérer avec deux métaux et un sel de même acide de chacun d'eux, existant à une même température ; d'autre part, les données thermiques nécessaires font le plus souvent défaut ; il y a lieu, en outre, d'observer que, d'après les remarques de M. Berthelot ([2]), la chaleur chimique correspondant à une réaction produite entre deux corps amenés à l'état liquide peut elle-même varier très notablement avec la température.

» Je considérerai seulement ici le couple réversible le plus simple que j'aie pu réaliser : zinc | chlorure de zinc, protochlorure d'étain | étain. La faible valeur de l'effet Peltier au contact du zinc et du chlorure de zinc, d'une part, et de l'étain fondu et du chlorure d'étain, d'autre part (0,000028 pour 1°), fait prévoir que la force électromotrice de cette pile ne doit pas être très différente de celle que l'on calculerait en supposant l'égalité de la chaleur chimique et de la chaleur voltaïque. D'après M. Thomsen, la chaleur dégagée par la substitution dans le chlorure d'un équivalent de zinc à un équivalent d'étain, rapportée à l'état solide, est $8^{\text{Cal}},4$; il est facile de voir, en tenant compte des remarques de Person ([3]) et de M. Berthelot, que la chaleur dégagée à l'état liquide doit être assez voisine, mais plus faible.

» La force électromotrice calculée serait $0^{\text{volt}},363$ ; la moyenne de plusieurs expériences a fourni $0^{\text{volt}},37$ à l'état solide, et $0^{\text{volt}},355$ à l'état liquide ([4]) ; j'ai, d'autre part, constaté qu'entre 250°-350° la force électromotrice de la pile est presque complètement indépendante de la température. On peut en conclure, d'après un théorème dû à M. Lippmann, que la chaleur spécifique du système ne varie pas par suite du passage de l'électricité.

» Si l'on construit une pile où l'un des électrolytes est fondu à une

---

([1]) *Wied. Ann.*, neue Folge, III; 1878.

([2]) *Mécanique chimique*, t. I, *passim*.

([3]) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XXI.

([4]) Par comparaison avec un élément Gouy, étalonné par M. Pellat.

certaine température, tandis que l'autre reste solide, comme par exemple le couple zinc | chlorure de zinc fondu, chlorure d'argent solide | argent vers 300°, on constate que la force électromotrice varie notablement avec la température ; cette variation est encore plns considérable si l'on prend un tube de verre pour l'un des électrolytes ; le théorème de M. Lippmann fait prévoir le fait, car la chaleur spécifique de l'élément varie par suite du changement d'état produit par le courant dans le système.

» On voit donc, en résumé, que la théorie d'Helmholtz et ses conséquences se vérifient encore dans le cas des piles où les électrolytes sont amenés à être conducteurs, non plus par dissolution, mais par une élévation de température [1]. »

ÉLECTROCHIMIE. — *Électrolyse par fusion ignée des oxyde et fluorure d'aluminium.* Note de M. **Adolphe Minet.**

« Les applications de l'électrolyse par *fusion ignée* ont été limitées jusqu'à ce jour aux recherchesde Davy sur la constitution des oxydes alcalins et alcalino-terreux, à celles de Bunsen sur la production des métaux alcalino-terreux et du magnésium, aux travaux de Mathiessen et Troost sur la production du lithium, aux travaux de M. Moissan sur la production du fluor.

» Ce mode d'opération n'était, en réalité, utilisé que dans les recherches purement spéculatives; j'ai voulu en faire le point de départ d'une série d'applications de l'Électricité à la Chimie.

» Dans cet ordre d'idées, l'électrolyse par fusion ignée des sels halogéniques d'aluminium était tout indiquée, en ce sens que sa réalisation fixait un double progrès : la solution d'un problème général, susceptible d'une foule d'applications, et la production facile d'un métal qui peut être considéré à plus d'un titre comme le métal de l'avenir.

» Mes recherches ont été poursuivies sans interruption, pendant trois années; elles ont porté sur les oxyde et fluorure d'aluminium.

---

(1) Ce travail a été fait au laboratoire d'Enseignement physique, à la Sorbonne.

*Constantes électriques de l'électrolyse par fusion ignée des oxyde et fluorure d'aluminium.*

| Date de l'expérience. 1887. | Nature de la cathode. | Durée de l'expérience. | Intensité du courant I. | Différence de potentiel aux électrodes E. | Poids du métal déposé. | Poids du métal calculé. | Coefficient de rendement. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | h | amp | volts | gr | gr | pour 100 |
| 7 mai.... | charbon | 12 | 89 | 5,5 | 200 | 363 | 55 |
| 8 juin ... | charbon | 12 | 124 | 5,5 | 320 | 506 | 63 |
| 13 juillet.. | charbon | 14 | 90 | 4,0 | 260 | 428 | 60 |
| 25 juillet.. | charbon | 24 | 113 | 4,5 | 570 | 922 | 61 |
| 27 sept ... | fer | 23 | 100 | 5,5 | 400 | 782 | 51 |
| 30 oct.... | charbon | 12 | 200 | 4,25 | 520 | 816 | 63 |
| 26 nov.... | charbon | 12 | 142 | 4,75 | 380 | 579 | 65 |
| 10 déc.... | charbon | 12 | 160 | 5,75 | 420 | 653 | 64 |
| 1888. | | | | | | | |
| 27 janv... | charbon | 12 | 110 | 5,0 | 270 | 449 | 60 |
| 4 févr... | charbon | 13 | 180 | 6,0 | 500 | 796 | 62 |
| 24 mars... | charbon | 12 | 255 | 5,5 | 600 | 1040 | 57 |
| 4 août... | charbon | 12 | 360 | 6,0 | 1000 | 1469 | 68 |
| 1889. | | | | | | | |
| 23 juillet.. | charbon | 22 | 650 | 5,8 | 2430 | 4860 | 50 |
| 24 juillet.. | charbon | 22 | 650 | 5,8 | 2550 | 4860 | 52 |
| 30 sept... | charbon | 20 | 700 | 5,6 | 2600 | 4760 | 54 |
| 10 oct.... | charbon | 20 | 700 | 5,6 | 2600 | 4760 | 54 |
| 20 nov.... | charbon | 20 | 800 | 5,6 | 2800 | 5440 | 52 |
| 22 nov.... | fer | 20 | 800 | 5,8 | 3400 | 5440 | 62 |
| 5 déc.... | fer | 20 | 800 | 5,8 | 3600 | 5440 | 66 |
| 1890. | | | | | | | |
| 15 janv... | fer | 11 | 950 | 6,0 | 2100 | 3550 | 60 |
| 20 janv... | fer | 7 | 975 | 6,1 | 1900 | 2320 | 82 |
| 7 févr... | charbon | 7 | 1200 | 6,35 | 1680 | 2860 | 60 |

» Ce Tableau indique la quantité du métal obtenu en fonction du temps et de la quantité d'électricité mise en jeu.

» Ces résultats n'ont pu être réalisés que par la création de tout un système d'appareils nouveaux. J'ai pu établir également la théorie de ces phénomènes ([1]). »

---

([1]) Je dois exprimer ma reconnaissance envers MM. Myrthil et Ernest Bernard qui m'ont encouragé pour ces expériences et qui m'ont donné, dans leur usine de Creil, les moyens d'en obtenir la réalisation.

CHIMIE. — *Sur les silicoglucinates de soude.* Note de MM. **P. Hautefeuille** et **A. Perrey**, présentée par M. Troost.

« Nous avons décrit, dans une précédente Note, un certain nombre de silicoglucinates de potasse, que nous avions obtenus en faisant agir le vanadate neutre de potasse sur des mélanges de silice, de glucine et d'alcali. Appliquant la même méthode de minéralisation, nous avons préparé des silicoglucinates de soude cristallisés qui, par leur forme et par leur composition, s'éloignent des combinaisons potassiques.

» I. Le mélange renfermant la silice, la glucine et la soude dans les mêmes proportions qu'une néphéline glucinique, $2SiO^2 + Gl^2O^3 + NaO$, chauffé avec un excès de vanadate neutre de soude, vers 800°, nous a donné des cristaux qui, débarrassés de leur gangue par la digestion dans l'eau chaude suivie de lévigations, ont présenté à l'analyse la composition

$$3SiO^2, Gl^2O^3, NaO.$$

Ces cristaux ont la forme d'un prisme hexagonal tronqué par une pyramide hexaèdre très développée; les angles de la troncature sont très voisins des angles de la pyramide $b^{\frac{3}{5}}$ de la néphéline aluminique. Parfois, comme aussi celle de la néphéline, la pyramide est très surbaissée et basée. L'existence de clivages est indiquée par des glaces intérieures fréquemment parallèles à la base, plus rarement perpendiculaires aux pans.

» Les cristaux sont biréfringents, uniaxes et négatifs. Leur cassure est conchoïdale. Transparents ou légèrement opalins, ils doivent à des traces d'oxyde de vanadium une coloration bleue ou verte tout à fait caractéristique, que l'on peut seulement atténuer en substituant, dans leur préparation, le nitrate de soude au carbonate. Ils fondent facilement au chalumeau; les acides concentrés les attaquent lentement à froid.

» II. Nous avions pensé qu'il y aurait avantage, dans la préparation du silicate précédent, à substituer aux éléments de la néphéline le mélange $3SiO^2 + Gl^2O^3 + NaO$. Mais cette substitution a donné lieu à la production d'une espèce nouvelle, résistante à l'action des acides, cristallisée en prismes clinorhombiques portant modification sur les angles *e*, et dont la formule répond à celle de l'albite glucinique $6SiO^2, Gl^2O^3, NaO$.

» III. Nous avons forcé le dosage de la silice et n'avons mis à sa dispo-

sition d'autre alcali que celui qu'elle pourrait emprunter au vanadate neutre de soude. Une série d'expériences faites sur des mélanges renfermant $4,5\,SiO^2 + Gl^2O^3$ nous a donné des cristaux offrant la forme de prismes orthorhombiques modifiés sur leurs angles obtus et possédant la composition

$$20,67 \text{ à } 22,41\,SiO^2, 3\,Gl^2O^3, 2\,NaO.$$

» IV. Puis, inversement, nous avons forcé le dosage de l'alcali. En premier lieu, nous avons conservé entre la silice et la glucine le rapport $\frac{2}{1}$ équivalent. La minéralisation du mélange $2\,SiO^2 + Gl^2O^3 + 1,5\,NaO$ nous a donné des cristaux dont la nuance était plus pâle, mais dont la forme apparaissait, au premier examen, identique à celle des cristaux bleus ou verts, décrits au commencement de cette Note. Lorsque cependant nous les avons mis en digestion dans l'acide chlorhydrique, nous les avons vus se creuser de cannelures transversales de plus en plus profondes, et finalement se disloquer en courts tronçons incolores. Cette dislocation mettait en évidence la structure du cristal, composé d'assises superposées, alternativement attaquables par l'acide et résistantes à son action.

» Les premières, colorées en bleu vert, étaient formées par le silicoglucinate déjà isolé $3\,SiO^2, Gl^2O^3, NaO$. Il eût été fort long de les dissoudre entièrement; mais, lorsque la digestion des cristaux dans l'acide eut été prolongée quelques jours, nous parvînmes, à l'aide du tungstoborate de cadmium, à isoler un produit homogène, formé des tronçons incolores, qui présenta la composition $15\,SiO^2, 2\,Gl^2O^3, 3\,NaO$.

» Enfin, conservant dans le mélange soumis à la minéralisation la proportion de $\frac{1}{1,5}$ équivalent entre la glucine et la soude, nous avons élevé le dosage de la silice jusqu'à 7 équivalents. Nous avons alors obtenu des cristaux de structure homogène, ayant pour composition

$$18\,SiO^2, 2\,Gl^2O^3, 3\,NaO.$$

» Du reste, les deux silicoglucinates renfermant la glucine et la soude dans la proportion de $\frac{2}{3}$ équivalent ont la même forme, celle d'un prisme orthorhombique modifié par les faces $g^1$, $g^3$, $e^1$, $a^1$. Dans les cristaux de structure complexe, dont les assises successives appartiennent aux deux espèces $3\,SiO^2, Gl^2O^3, NaO$ et $15\,SiO^2, 2\,Gl^2O^3, 3\,NaO$, l'association du prisme orthorhombique modifié et du prisme hexagonal se fait par superposition des bases des deux prismes.

» Nous n'avons pu mesurer sur les échantillons obtenus les angles du

prisme; mais, en substituant comme agent minéralisateur le tungstate de soude au vanadate, nous avons obtenu des cristaux qui doivent être respectivement rapportés aux mêmes espèces que les précédents, car ils ont même forme et même composition :

$$14SiO^2, 2Gl^2O^3, 3NaO,$$
$$18SiO^2, 2Gl^2O^3, 3NaO.$$

Sur les cristaux renfermant $14SiO^2$, nous avons mesuré

$$m/m = 119°32', \quad g^3/g^3 = 81°45'.$$

Pour préparer ces deux derniers lots de cristaux, nous avons chauffé pendant un mois, avec 10 à 12 parties de tungstate neutre de soude, à 750° et 850°, les mélanges $6SiO^2 + Gl^2O^3 + NaO$ et $6SiO^2 + Gl^2O^3$. Une série de traitements par l'eau, l'acide chlorhydrique, l'ammoniaque, le tungstoborate de cadmium, nous a permis d'isoler les espèces pures.

» V. Nous avons donc préparé par une même méthode et isolé cinq silicoglucinates de soude qui, d'après le rapport existant entre leurs bases, peuvent être classés en trois séries :

| | | |
|---|---|---|
| $3SiO^2, Gl^2O^3, NaO,$ | $15SiO^2, 2Gl^2O^3, 3NaO,$ | $21SiO^2, 3Gl^2O^3, 2NaO.$ |
| $6SiO^2, Gl^2O^3, NaO,$ | $18SiO^2, 2Gl^2O^3, 3NaO,$ | |

A cette nomenclature, joignons la néphéline glucinique

$$2SiO^2, Gl^2O^3, NaO$$

et la mélilite glucinique

$$6SiO^2, Gl^2O^3, 2NaO, CaO, MgO$$

que nous avons pu reproduire synthétiquement, comme la leucite glucinique, par la fusion de leurs éléments, suivie de recuit. »

CHIMIE. — *Sur le rôle des corps étrangers dans les fers et les aciers : relation entre leurs volumes atomiques et les transformations allotropiques du fer.* Note de M. **F. Osmond**, présentée par M. Troost.

« J'ai eu plusieurs fois l'honneur, pendant ces dernières années et tout récemment encore [1], d'entretenir l'Académie des transformations allo-

---

[1] *Comptes rendus*, séances des 26 obtobre et 6 décembre 1886, 4 avril 1887 et 3 février 1890.

tropiques du fer et du rôle que jouent dans ces transformations les corps étrangers alliés.

» D'autre part, M. le professeur W.-C. Roberts-Austen, de Londres, en étudiant l'effet produit sur les propriétés mécaniques de l'or par l'addition d'un même poids (0,20 pour 100 environ) de dix-sept métaux étrangers, avait découvert une curieuse relation entre les résultats obtenus et la position des métaux alliés dans la classification périodique [1].

» M. Roberts-Austen avait entrevu dès lors qu'une relation analogue devait exister pour le fer. Mais les fers et les aciers du commerce sont des produits si multiples, et le même métal peut revêtir des aspects si différents que la relation cherchée ne se dégageait pas nettement de l'examen des propriétés mécaniques.

» En revoyant mes anciennes expériences avec ces nouvelles idées pour guides, je crus reconnaître que la loi de M. Roberts-Austen était bien fondée, et de nouveaux essais, entrepris pour la vérifier, n'ont fait que confirmer ma première appréciation.

» Les corps étrangers dont j'ai pu, d'une façon plus ou moins complète, étudier expérimentalement l'action sur les points critiques du fer, sont inscrits ci-dessous, en deux colonnes, selon l'ordre des volumes atomiques croissants :

| I. | Volume atomique. | II. | Volume atomique. |
|---|---|---|---|
| Carbone | 3,6 | Chrome | 7,7 |
| Bore | 4,1 | Tungstène | 9,6 |
| Nickel | 6,7 | Silicium | 11,2 |
| Manganèse | 6,9 | Arsenic | 13,2 |
| Cuivre | 7,1 | Phosphore | 13,5 |
| | | Soufre | 15,7 |

» Les corps de la colonne I, dont le volume atomique est plus petit que celui du fer (7,2), retardent pendant le refroidissement, toutes choses égales d'ailleurs, la transformation du fer $\beta$ en fer $\alpha$ et celle du carbone de trempe en carbone de recuit. Pour ces deux raisons, ils tendent à augmenter, à vitesse de refroidissement égale, la proportion de fer $\beta$ qui subsiste dans le fer ou l'acier refroidi et, par suite, la dureté du métal : ils sont l'équivalent d'une trempe plus ou moins vive [2].

---

(1) *Philos. Trans. roy. Soc. London*, t. CLXXIX, p. 339-349; 1888.

(2) Aux corps de la colonne I, on pourrait ajouter l'hydrogène qui rend dur et

» Au contraire, les corps de la colonne II, dont le volume atomique est plus grand que celui du fer, tendent à relever ou du moins à maintenir près de sa position normale, pendant le refroidissement, la température de transformation du fer β en fer α; de plus, ils rendent la transformation inverse plus ou moins incomplète pendant le chauffage et hâtent, à l'ordinaire, la transformation du carbone de trempe en carbone de recuit ([1]). Ils maintiennent donc le fer à l'état α aux températures élevées et, à plus forte raison, dans le métal refroidi; ils seraient ainsi, par leur influence sur le fer, une cause de douceur et de malléabilité, comme le recuit, si leurs propriétés personnelles ou celles de leurs composés ne venaient souvent masquer en partie cette conséquence naturelle de leur présence.

» Le rôle essentiel des corps étrangers alliés au fer est donc d'avancer ou de retarder, pendant le refroidissement, la transformation allotropique de ce métal et de rendre la transformation plus ou moins incomplète, dans un sens ou dans l'autre, selon que leur volume atomique est plus grand ou plus petit que celui du fer.

» En d'autres termes, les corps étrangers à faible volume atomique tendent à faire prendre ou conserver au fer celle de ses formes moléculaires sous laquelle il possède lui-même son moindre volume atomique; et les corps à grand volume atomique produisent l'effet inverse.

» Il est à remarquer que le carbone, tout en obéissant à la loi générale, possède la propriété de subir, pour son compte, à une certaine température critique, une transformation dont la nature est encore contestable, mais dont l'existence est incontestée. Cette propriété fait toujours au carbone une place à part dans la métallurgie du fer. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur des acides dioxyphosphiniques et des acides oxyphosphineux*. Note de M. J. Ville, présentée par M. Friedel.

« Dans deux Notes précédentes que j'ai eu l'honneur de présenter à l'Académie ([2]), j'ai montré que, sous l'influence de la chaleur, les aldé-

---

cassant, comme on le sait, le fer déposé par électrolyse; peut-être vaudrait-il mieux dire ici, avec Graham, l'*hydrogenium,* car l'hydrogène gaz ne paraît pas avoir d'action bien marquée sur les températures critiques.

([1]) Le tungstène seul a présenté certaines anomalies.

([2]) *Comptes rendus*, t. CVII, p. 659; t. CIX, p. 71.

hydes s'unissent directement à l'acide hypophosphoreux, pour donner des acides trivalents et monobasiques, des *acides dioxyphosphiniques*. En poursuivant cette étude, j'ai constaté que l'acide hypophosphoreux, en agissant sur les aldéhydes, peut donner, en même temps que ces acides dioxyphosphiniques, des acides divalents et monobasiques, des *acides oxyphosphineux*. Cette Note a pour but d'indiquer l'existence de cette nouvelle classe d'acides.

» Les eaux mères de l'acide dioxybenzylphosphinique donnent avec l'acétate neutre de plomb un abondant précipité blanc. En décomposant par l'hydrogène sulfuré ce précipité plombique, j'ai obtenu un produit cristallisé en fines lamelles solubles dans l'eau, l'alcool et l'éther. Ce corps, à réaction fortement acide, décompose les carbonates et attaque le zinc et le fer avec dégagement d'hydrogène. Il fond vers 90° et commence à se décomposer à 140° avec mise en liberté d'aldéhyde benzoïque; chauffé plus fortement, il abandonne de l'hydrogène phosphoré, se colore en brun et donne finalement un charbon volumineux imprégné d'acide métaphosphorique. Ce corps présente les réactions de l'acide phosphoreux; sans action réductrice sur le sulfate de cuivre, il réduit, lentement à froid et rapidement à chaud, l'azotate d'argent avec formation d'un précipité noir d'argent métallique, et le bichlorure de mercure avec précipitation de calomel cristallisé.

» L'analyse montre que ce corps renferme les éléments d'une molécule d'acide hypophosphoreux et d'une molécule d'aldéhyde benzoïque. C'est un acide divalent et monobasique, comme l'indique la composition du sel de baryum et du dérivé acétylé que j'ai obtenus.

» *Sel de baryum* $[(C^6H^5\text{-}CH.OH)H.PO.O]^2Ba, \frac{1}{2}H^2O$. — Petits mamelons formés par la réunion de lamelles microscopiques renfermant une demi-molécule d'eau de cristallisation, qu'elles perdent de 105° à 110° ($H^2O$ trouvé en centièmes 1,88; théorie 1,84.

» *Dérivé acide acétylé* (*acide benzoxacétylphosphineux*)

$$(C^6H^5\text{-}CH.OC^2H^3O)H.PO.OH.$$

Corps solide, jaunâtre, d'aspect résineux, facilement soluble dans l'alcool et dans le chloroforme, insoluble dans l'éther et dans la benzine. L'eau, dans laquelle il est également insoluble, le dédouble à la longue en acide acétique et acide oxybenzylphosphineux. Ce dédoublement se fait rapidement sous l'influence de la potasse.

» Le corps retiré des eaux mères de l'acide dioxybenzylphosphinique est donc un acide divalent et monobasique, un acide oxyphosphineux. Je l'ai désigné sous le nom d'acide oxybenzylphosphineux; sa constitution est exprimée par la formule

$$\begin{array}{l} C^6H^5-CH.OH \\ \quad\quad\;\; | \\ \quad\quad PO.OH \\ \quad\quad\;\; | \\ \quad\quad\;\; H \end{array} \quad \text{ou} \quad PO\begin{cases} H \\ -(C^6H^5-CH.OH). \\ OH \end{cases}$$

» J'ai pu également obtenir les dérivés analogues, correspondant aux aldéhydes

œnanthylique, valérique, cuminique, salicylique, c'est-à-dire les acides oxyœnanthylphosphineux, oxyisoamylphosphineux, oxycumylphosphineux, oxysalicylphosphineux. Leur étude sera exposée dans un travail plus étendu.

» En résumé, les aldéhydes s'unissent à l'acide hypophosphoreux pour donner deux nouvelles classes d'acides :

» 1° Des acides trivalents et monobasiques, acides dioxyphosphiniques, formés par l'union directe des éléments de deux molécules d'aldéhyde et d'une molécule d'acide hypophosphoreux; leur constitution est exprimée par la formule générale

$$\begin{array}{l} R-CH.OH \\ \quad | \\ \quad PO.OH \\ \quad | \\ R-CH.OH \end{array} \quad \text{ou} \quad PO\begin{cases} (R-CH.OH) \\ (R-CH.OH); \\ OH \end{cases}$$

» 2° Des acides divalents et monobasiques, résultant de la combinaison directe de l'acide hypophosphoreux et de l'aldéhyde, molécule à molécule, dont la constitution est exprimée par la formule générale

$$\begin{array}{l} R-CH.OH \\ \quad | \\ \quad PO.OH \\ \quad | \\ \quad H \end{array} \quad \text{ou} \quad PO\begin{cases} H \\ (R-CH.OH). \\ OH \end{cases}$$

» Ce dernier groupe d'acides, acides oxyphosphineux, présente les réactions caractéristiques de l'acide phosphoreux.

» J'ai constaté que les proportions d'acide dioxyphosphinique et d'acide oxyphosphineux obtenues dépendent des quantités relatives d'aldéhyde et d'acide hypophosphoreux mises en expérience. La quantité d'acide oxyphosphineux augmente avec la proportion d'acide hypophosphoreux réagissante; quand, au contraire, on opère avec une quantité relativement considérable d'aldéhyde, on obtient une proportion plus grande d'acide dioxyphosphinique.

» Ces observations m'ont aussi indiqué les conditions expérimentales les plus favorables pour la préparation de ces deux nouvelles classes d'acides. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'acide carballylique dibromé*, Note de M. E. Guinochet.

« 1. J'ai fait voir (*Comptes rendus*, t. CVIII, p. 300) que si l'on chauffe en tubes scellés à 115°-120°, pendant trente-six heures, 1 équivalent d'a-

cide aconitique avec 4 équivalents de brome, celui-ci est complètement absorbé. La solution éthérée du liquide renfermé dans les tubes m'a donné, après évaporation dans le vide en présence d'acide sulfurique et de chaux éteinte, un résidu sirupeux qui a été traité par l'eau froide. Il s'est précipité une poudre blanche, que j'ai démontré être le bibromure d'acide aconitique monobromé $C^{12}H^5BrO^{12}Br^2$ (*Comptes rendus*, t. CIX, p. 906). La solution aqueuse, séparée de ce précipité, a été évaporée dans le vide en présence d'acide sulfurique et de chaux vive, jusqu'à poids à peu près constant. Au bout d'un temps très long, il s'est formé un gâteau cristallin imprégné d'une eau mère très colorée et fortement sirupeuse, qui a été enlevée par un essorage prolongé à la trompe sur de l'amiante. La masse cristalline a été délayée dans une très petite quantité d'eau froide, essorée de nouveau, et enfin mise à sécher en présence d'acide sulfurique et d'oxyde de mercure jaune, pour enlever toute trace d'acide bromhydrique en excès.

» 2. Le corps ainsi obtenu, se présente, après recristallisation dans l'eau, sous la forme de fines aiguilles prismatiques, excessivement solubles dans l'eau, l'alcool, l'éther ; les solutions se sursaturent avec la plus grande facilité. La composition de ces cristaux répond à la formule d'un hydrate de bibromure d'acide aconitique $C^{12}H^6O^{12}Br^2 + HO$, qu'on peut envisager aussi comme l'acide carballylique dibromé $C^{12}H^6Br^2O^{12} + HO$. La neutralisation de 100 parties de cet acide a exigé, avec la phénolphtaléine, 66,6-66,7 de BaO (théorie 66,99).

» 3. Cet acide est tribasique, ainsi que le démontre la composition des sels de potasse, de chaux et de baryte, que j'ai préparés en ajoutant à la solution aqueuse concentrée de cet acide les bases correspondantes, jusqu'à neutralité, à la phénolphtaléine, et en évaporant très rapidement dans le vide et à froid les solutions obtenues.

» *Sel de potasse* $C^{12}H^3K^3O^{12}Br^2 + 6HO$. — Poudre cristalline, excessivement soluble dans l'eau, ne changeant de poids ni à la température ordinaire dans le vide ni à l'étuve à eau bouillante, mais s'altérant dès la température de 130°, en brunissant fortement.

» *Sel de chaux* $C^{12}H^3Ca^3O^{12}Br^2 + 4HO$ (dans le vide sec). — La solution, concentrée rapidement dans le vide, donne une masse vitreuse incolore, qui s'altère dès la température de 100°. Dissous dans une très petite quantité d'eau froide, ce sel a été précipité par un grand excès d'alcool à 90° et lavé avec cet alcool; la poudre ainsi obtenue est amorphe et, après dessiccation dans le vide, répond à la formule $C^{12}H^3Ca^3O^{12}Br^2$.

» *Sel de baryte* $C^{12}H^3Ba^3O^{12}Br^2 + 5HO$ (dans le vide sec). — Poudre blanche amorphe ne changeant pas de poids à 100° et s'altérant dès la température de 115°.

» 4. L'acide carballylique dibromé hydraté fond au-dessous de 100°, en dégageant des vapeurs d'acide bromhydrique; si l'on continue à chauffer, il s'altère en brunissant de plus en plus. Mais, si l'on reprend par l'eau, après refroidissement, la matière fondue et encore incolore, et si l'on fait concentrer dans le vide cette solution, elle se prend en une masse cristalline ayant toutes les propriétés du corps primitif. Quand on abandonne ce corps dans le vide sec à la température ordinaire, il perd constamment, mais très lentement, de son poids. La perte, plus considérable au commencement, semble, à partir d'un certain moment, assez régulière; toutefois, je n'ai pu obtenir un corps répondant à une formule déterminée, même au bout de deux mois : la teneur en brome avait augmenté, ainsi que le pouvoir acidimétrique.

» 5. Dissous dans l'eau froide, l'acide carballylique dibromé ne semble pas se décomposer, car son pouvoir acidimétrique ne change pas même au bout de plusieurs jours; de plus, la solution concentrée dans le vide à froid laisse cristalliser l'acide primitif. Cette solution froide donne, en présence d'un peu d'acide nitrique, avec le nitrate d'argent, un précipité de bromure d'argent dont le poids correspond à environ la moitié du brome. A chaud, il y a décomposition, et l'on obtient, après refroidissement, avec le nitrate d'argent, un poids de bromure variable avec les conditions de l'expérience, mais toujours plus considérable que dans le cas précédent.

» 6. En faisant réagir l'amalgame de sodium sur $C^{12}H^{6}O^{12}Br^{2} + HO$, j'ai obtenu l'acide carballylique ordinaire. Ce fait présente un certain intérêt, si l'on se rappelle qu'en opérant dans les mêmes conditions avec $C^{12}H^{5}BrO^{12}Br^{2}$, j'ai montré (*Comptes rendus*, t. CIX, p. 906) qu'il se forme un isomère de l'acide carballylique [1]. »

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage de l'acide urique des urines au moyen d'une solution d'hypobromite de soude, à chaud;* par M. **Bayrac**. (Extrait.)

« Parmi les matériaux azotés de l'urine, l'urée, l'acide urique et la créatinine sont seuls décomposés par l'hypobromite de soude et dégagent l'azote de leur molécule incomplètement *à froid*, complètement *à chaud*.

---

[1] Travail fait au laboratoire de M. Jungfleisch, à l'École supérieure de Pharmacie.

Les autres produits azotés, susceptibles *peut-être* de donner une partie de leur azote, se trouvent dans l'urine en quantités négligeables.

» Le principe de la méthode consiste à séparer l'acide urique des deux autres produits azotés, au moyen de l'alcool, et à faire agir, sur cet acide ainsi isolé, une solution concentrée d'hypobromite de soude à une température de 90°-100°.

» On évapore $50^{cc}$ d'urine au bain-marie; on précipite l'acide urique du résidu par $5^{cc}$ ou $10^{cc}$ d'une solution d'acide chlorhydrique au $\frac{1}{5}$ et on lave à l'alcool. Ce dissolvant enlève la créatinine et l'urée et laisse l'acide urique. Ce dernier corps est dissous au bain-marie avec vingt gouttes de soude des savonniers, et traité à 90°-100° par $15^{cc}$ d'une solution concentrée d'hypobromite de soude....

» Le dosage d'acide urique par ce procédé est fait au bout de deux heures *au maximum*. Les résultats obtenus sont absolument semblables à ceux que donne la méthode la plus précise connue, c'est-à-dire la précipitation par le carbonate de soude, le chlorhydrate d'ammoniaque et l'acide chlorhydrique. Mais, par ce dernier procédé, il faut quarante-huit heures (1). »

HYGIÈNE. — *Recherches sur les microbes pathogènes dans les eaux filtrées du Rhône*. Note de MM. **Lortet** et **Despeignes**, présentée par M. A. Chauveau.

« Les eaux potables distribuées à l'agglomération lyonnaise sont celles du Rhône, prises en amont de la ville et filtrées dans des galeries séparées du fleuve par une épaisseur de gravier récent, de $15^{m}$ en moyenne. Ces chambres souterraines, murées sur les quatre faces, filtrent seulement par le fond. Or il résulte d'une analyse bactériologique, publiée en 1886, que les eaux libres du fleuve, au niveau de ces installations, renferment au moins 51000 germes par litre, tandis que celles prises dans les galeries filtrantes, lorsque le Rhône n'est point en crue, n'en contiennent que 7000 environ.

» Malgré cette épuration considérable, ces eaux laissent pourtant déposer rapidement, sur les bougies du filtre Chamberland fixé directement sur le service de distribution, une couche d'un limon onctueux au tou-

(1) Ce travail a été fait dans le laboratoire de M. le professeur Lépine, à Lyon.

cher, glaireux, fortement teinté en jaune par l'oxyde de fer, et formé surtout par une marne très finement pulvérisée, accompagnée d'une certaine quantité de matières organiques. Examiné au microscope, ce dépôt fourmille de bactéries de différentes formes, faciles à isoler les unes des autres par une culture méthodique. Il n'entre point dans notre plan de faire l'étude de chaque espèce prise isolément; mais il nous a semblé qu'il était de la plus haute importance de savoir si les espèces pathogènes sont nombreuses dans une eau potable réputée d'excellente qualité et, en apparence, parfaitement filtrée.

» De nombreux cobayes, auxquels nous avons injecté le dépôt recueilli à l'intérieur du filtre Chamberland et délayé dans une eau stérilisée, ont péri pour la plupart, en présentant à l'autopsie des lésions variées, qui consistent surtout en épanchements dans le péritoine et la plèvre, accompagnés d'infarctus à peu près constants dans le foie et les poumons. Sur six cobayes, on a constaté des ulcérations nombreuses, quelquefois jusqu'à dix-sept, arrondies ou ovalaires, larges de près de $1^{cm}$ et développées dans les glandes de Peyer du cæcum. Ces ulcérations ont pu être transmises à d'autres animaux par l'inoculation des parois intestinales ulcérées.

» Sur 27 cas de maladies expérimentales ayant amené la mort, nous en avons eu 8 provoqués par septicémie simple, 1 par pyoémie, 9 par congestion pulmonaire intense, 2 par hypopyon et 1 par un vaste abcès ayant décollé la peau de la paroi thoracique.

» Ce n'est point seulement la vase déposée dans le filtre Chamberland qui renferme des bactéries pathogènes. Les boues légères, brillantes, glaireuses, qui se précipitent à l'intérieur même des galeries de filtration sur les cailloux ou le sable du sol, contiennent aussi un nombre incalculable de bactéries virulentes. Les expériences récentes que nous venons de faire avec ce dépôt sont encore plus décisives que les premières, car tous les animaux inoculés jusqu'à ce jour ont été foudroyés en moins de quarante-huit heures.

» Après des résultats pareils, il nous semble qu'on est en droit de se demander si les galeries de filtration semblables à celles qui sont employées à Lyon remplissent bien les fonctions qu'on est en droit d'exiger d'elles. Ne font-elles même pas courir de très grands dangers à la santé publique, en concentrant en quelque sorte les microbes du fleuve dans un espace restreint? Dans les installations de ce genre, en effet, le feutrage fertile en bactéries se trouve, non pas à l'extérieur du filtre, mais à l'intérieur même, sous une couche d'eau immobile en apparence.

» Mais, ainsi que nous avons pu nous en assurer récemment, à la suite d'une crue moyenne du Rhône, lorsque la pression devient plus forte, les graviers filtrants sont forcés de travailler plus activement. Une poussée s'opère alors de bas en haut dans les masses aqueuses et détache de la couche fertile en microbes une quantité innombrable de germes, de particules marneuses, de matières organiques qui vont contaminer les réservoirs et les canaux de distribution. A ce moment, les eaux des galeries de filtration prennent une teinte nettement opaline, due à la présence de ces corpuscules étrangers, qui se déposent ensuite lentement sur les graviers du fond lorsque le niveau du fleuve revient à son état normal. »

PATHOLOGIE PARASITAIRE. — *Sur la nutrition du Champignon du muguet.* Note de MM. **Georges Linossier** et **Gabriel Roux**, présentée par M. A. Chauveau.

« Nous avons, dans une Note récente, apporté quelques documents nouveaux sur la morphologie du Champignon du muguet. Quelque importance que les botanistes attachent aux considérations d'ordre morphologique, elles sont insuffisantes, dans l'état actuel de nos connaissances, pour permettre de caractériser un Champignon inférieur. Il faut y joindre l'étude attentive des conditions de sa nutrition et des transformations chimiques qu'il provoque dans les milieux où il végète.

» L'étude de la nutrition du Champignon du muguet est l'objet de la présente Note : nos recherches ont porté sur l'alimentation minérale, hydrocarbonée, azotée de cet organisme, et ont été conduites d'après les principes exposés dans le travail classique de Raulin sur l'*Aspergillus niger*, avec les modifications que rendait nécessaires la médiocrité des récoltes obtenues dans les conditions les plus favorables.

» *Alimentation minérale.* — L'oxygène libre est absolument indispensable au muguet, qui ne se développe ni dans le vide ni dans les gaz inertes, et finit même, au bout de plusieurs mois, par y périr. Toutes conditions égales d'ailleurs, les récoltes sont d'autant plus considérables que le végétal est baigné plus abondamment par l'air : telle est l'une des causes de l'abondance des cultures sur milieux solides. Dans un liquide, le muguet, qui n'a pas la propriété de former des voiles de surface, se développe d'autant plus péniblement que la profondeur est plus grande. On peut en juger

par les poids des récoltes obtenues dans la même quantité de liquides nutritifs identiques, l'épaisseur seule de la couche étant différente :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Épaisseur du liquide..... | 20mm | Poids de la récolte....... | 0gr,031 |
| » » ..... | 36mm | » » ....... | 0gr,023 |

Par contre, l'action d'un courant d'air continu traversant un bouillon de culture s'est traduite par une augmentation de la récolte, qui s'est élevée à 0gr,027 au lieu de 0gr,016. Toutes conditions égales d'ailleurs, on a pu obtenir, dans une expérience, 8gr,080 de récolte au lieu de 0gr,065 en substituant l'oxygène à l'air atmosphérique à la surface de la culture.

» Au point de vue morphologique, la rareté de l'air semble le plus généralement favoriser la *filamentisation* du muguet. Il en résulte pour le végétal un état de souffrance, et nous avons indiqué que tout état de souffrance se traduit par une tendance à la formation des filaments; mais cette action est loin d'être constante, et c'est ce qui explique que nos premières expériences nous aient fait croire momentanément à une action filamentisante de l'oxygène ([1]).

» Quant aux aliments minéraux solides du muguet, leur étude nous a peu arrêtés. A cause du faible poids des récoltes obtenues dans les conditions les plus favorables, cet organisme convient aussi mal à de telles recherches que les moisissures vulgaires s'y prêtent bien. Nous avons seulement constaté qu'il se développe facilement dans un liquide renfermant par litre : phosphate de potassium, 0,75; sulfate de magnésium, 0,05; sulfate de fer, 0,02; sulfate de zinc, 0,02; silicate de sodium, traces; le tout additionné d'un aliment hydrocarboné et d'un aliment azoté convenables. L'addition à ce liquide d'autres substances minérales ne semble pas augmenter le poids des récoltes.

» *Alimentation hydrocarbonée.* — Nous avons cultivé du muguet dans d'égales quantités de liquides renfermant, avec les substances minérales ci-dessous énumérées, du sulfate d'ammonium et un aliment hydrocarboné variable : la valeur de ces différents aliments peut être exprimée par les poids suivants des récoltes obtenues dans le même temps :

| | gr | Rapports centésimaux. |
|---|---|---|
| Glucose ..................... | 0,046 | 100 |
| Saccharose..................... | 0,036 | 78 |

([1]) *Comptes rendus*, t. CIX, p. 752.

| | | Rapports centésimaux. |
|---|---|---|
| | gr | |
| Dextrine | 0,032 | 70 |
| Mannite | 0,031 | 63 |
| Alcool | 0,0165 | 36 |
| Lactate de sodium | 0,017 | 37 |
| Acide lactique | 0,012 | 27 |
| Gomme | 0,007 | 15 |

» Parmi ces substances, l'alcool et l'acide lactique ne sont nutritifs qu'à faible dose et deviennent toxiques quand leur proportion s'accroît dans le milieu de culture. Dans l'albumine, la glycérine, on n'obtient que des récoltes insignifiantes; dans l'acide tartrique et les tartrates, la végétation ne se traduit que par un trouble léger; dans le lactose, l'amidon, l'érythrite, l'acide acétique et les acétates, l'acide oxalique et les oxalates, l'aldéhyde, l'acétone, le phénol, la résorcine, l'hydroquinone, la pyrocatéchine, le pyrogallol, la phloroglucine, l'orcine, l'acide gallique, nous n'avons obtenu aucun développement.

» On voit que c'est dans la série des hydrates de carbone que se trouvent les meilleurs aliments hydrocarbonés du muguet, et qu'ils semblent d'autant meilleurs que leur poids moléculaire est moins élevé.

» *Alimentation azotée*. — Nous avons cultivé du muguet dans d'égales quantités de liquides renfermant, avec les mêmes substances minérales que dans l'expérience précédente, du saccharose et des aliments azotés variables. Les poids des récoltes obtenues, dans le même temps, dans ces divers liquides, fournissent une expression numérique de la valeur des différents aliments azotés :

| | | Rapports centésimaux. |
|---|---|---|
| | gr | |
| Peptone | 0,057 | 228 |
| Leucine | 0,028 | 112 |
| Tartrate d'ammonium | 0,025 | 100 |
| Sulfate d'ammonium | 0,023 | 92 |
| Glycocolle | 0,022 | 88 |
| Tyrosine | 0,021 | 84 |
| Asparagine | 0,021 | 84 |
| Urée | 0,013 | 52 |
| Acétamide | 0,012 | 48 |
| Gélatine | 0,006 | 24 |
| Albumine | 0,004 | 16 |
| Chlorhydrate d'aniline | 0,002 | 8 |
| Azotate de sodium | 0,0005 | 2 |
| Pas d'azote | 0,0005 | 2 |

» Les indications de ce Tableau sont assez claires pour rendre toute explication inutile.

» *Influence de la réaction du milieu.* — Toutes conditions égales d'ailleurs, le muguet fournit dans les milieux légèrement alcalins des récoltes plus abondantes que dans les milieux neutres ou acides. Ce fait, déjà signalé par Kehrer et Kosegarten, semble en contradiction avec les enseignements de la Clinique, puisque les alcalins sont généralement employés pour combattre le muguet. Nous montrerons, dans un Mémoire plus développé ([1]), que cette contradiction n'est qu'apparente et disparaît devant une étude approfondie des conditions d'existence du muguet dans la bouche. »

PHYSIOLOGIE. — *Sur la perception des radiations lumineuses par la peau, chez les Protées aveugles des grottes de la Carniole.* Note de M. **Raphael Dubois**, présentée par M. A. Chauveau.

« Chez le *Proteus anguinus*, les yeux sont très peu développés, cachés sous la peau et ne présentent aucun appareil de réfraction ([2]). La vision est très imparfaite chez ces animaux qui se heurtent à tous les obstacles placés sur leur passage. Pourtant, ils sont sensibles à la lumière et plusieurs observateurs ont noté avant nous qu'ils présentaient une photophobie très accusée.

» Lorsque les Protées sont laissés en repos dans l'obscurité, ils restent parfois longtemps dans une immobilité presque complète; mais, quand un rayon lumineux vient à frapper leur tégument, ils se mettent en mouvement pour échapper à cette excitation qui paraît les incommoder.

» Entre le moment de l'excitation lumineuse et la réaction motrice qu'elle provoque, et qui est très caractéristique, il s'écoule un certain temps qui constitue la *période latente de réaction.*

» La durée de cette période est assez fixe. On peut s'en assurer facilement en plaçant un Protée dans un cristallisoir entouré de papier noir et posé sur une table à l'abri des ébranlements du sol : au-dessus du cristallisoir, où l'eau se renouvelle constamment, on place une glace inclinée de 45°, et en face de cette glace une lanterne à projection renfermant une lampe à gaz à régulateur. Au moyen d'un obturateur, on peut projeter subi-

---

([1]) *Archives de Médecine expérimentale,* 1er mars 1890.

([2]) Desfosses, *Comptes rendus,* t. XCIV, p. 1729; 1882.

tement un rayon lumineux d'intensité constante qui, réfléchi par la glace, tombera normalement sur le tégument dorsal du Protée immobile au fond du cristallisoir. On peut également placer devant l'ouverture de la lanterne des verres colorés ou des cuves à faces parallèles renfermant des solutions athermanes ou colorées.

» Dans quarante-trois expériences, séparées par un quart d'heure de repos, la durée de la période latente de réaction a été en moyenne de onze secondes. Dans deux expériences seulement, la durée a excédé une minute et dans quatre autres une demi-minute.

» Quel est le siège de cette sensation nettement accusée par une réaction motrice? Si l'on promène un fin pinceau de lumière obtenu au moyen d'un photophore électrique sur le corps d'un Protée, on constate que les divers points du tégument sont sensibles, et plus particulièrement les régions de la queue et de la tête. La peau serait donc le siège d'une sensation lumineuse capable d'être perçue. Pour s'en assurer, il suffit de masquer les yeux rudimentaires du Protée au moyen d'un épais enduit de gélatine et de noir de fumée, le seul qui adhère bien à la peau visqueuse de l'animal.

» Dans trente expériences sur des Protées ainsi privés de l'usage de leurs yeux embryonnaires, la réaction a fait défaut trois fois seulement, et, dans vingt-sept passages de l'obscurité à la lumière, elle s'est montrée, en moyenne, au bout de vingt-quatre secondes, c'est-à-dire au bout d'un temps très court, double cependant de celui qui a été trouvé pour les animaux normaux. L'interposition d'une cuve à alun sur le trajet des radiations lumineuses ne modifie pas sensiblement les résultats obtenus par l'éclairage direct.

» Donc, le Protée distingue la lumière de l'obscurité par les yeux et par la peau, mais la sensibilité dermatoptique est deux fois moindre que la sensibilité oculaire.

» *Action des lumières colorées* (verres de couleur). — La durée de la période de réaction pour le passage de l'obscurité à la lumière colorée a été en moyenne : pour le passage du noir au violet, vingt-six secondes; au bleu, vingt-trois secondes; au rouge, seize secondes; au vert, treize secondes; au jaune, dix secondes et demie [1].

---

[1] Ces résultats ont été obtenus avec un Protée dont les yeux n'étaient pas recouverts. Les essais faits avec les animaux à yeux recouverts ont donné des résultats inconstants, dus probablement à ce que, par suite de l'exposition répétée à la lumière, la peau s'était fortement pigmentée et était devenue moins sensible.

» Ces chiffres, obtenus avec des verres non monochromatiques et exprimant des moyennes, n'ont pas une valeur absolue et indiquent seulement le sens général du phénomène. Mais ces résultats ont leur importance, si on les rapproche des observations plus précises que nous avons faites sur le mécanisme de la vision dermatoptique chez le *Pholas dactylus* (¹), car ils ne paraissent pas produits par des différences de l'intensité de l'éclairage.

» Chez la Pholade, la notion d'intensité lumineuse est fournie par la plus ou moins grande amplitude de la contraction du système avertisseur, et la sensation chromatique par la plus grande rapidité de cette contraction. Il n'est pas impossible qu'il en soit de même chez le Protée, étant données les relations morphologiques et physiologiques existant entre la rétine des Vertébrés et la peau du siphon de la Pholade, et vraisemblablement aussi entre la rétine et la peau du Protée.

» La sensibilité de la peau de certains Vertébrés à la lumière n'est donc pas douteuse, et ce résultat est aussi intéressant au point de vue de l'évolution de la fonction que de son mécanisme.

» Les modifications localisées produites par l'action directe de la lumière sur la peau du Caméléon, signalées par Paul Bert, ne prouvent pas, ainsi que l'a fait remarquer ce savant lui-même, qu'il y ait dans ce cas sensation dermatoptique perçue. Les expériences si nombreuses et si patientes de Vitus Graber [2] sur les Tritons aveuglés ne prouvent pas davantage l'existence d'une sensation dermatoptique chromatique; mais il est probable qu'il s'agit simplement d'une sensation consciente ou inconsciente de *mieux être*, en rapport avec des modifications d'une fonction générale analogues à celles qui ont été observées par Fubini et Ronchi [3].

» En effet, nous avons observé que nos Protées placés dans les mêmes conditions que les Tritons aveuglés de Graber séjournaient plus volontiers, à défaut d'obscurité, dans la lumière rouge et dans la lumière jaune, qui agissent d'une manière opposée sur la fonction dermatoptique, l'une lentement et l'autre très vivement. On peut classer la préférence de l'éclairage pour les Protées de la manière suivante en série décroissante : noir, rouge, jaune, vert, violet, bleu, lumière blanche [4]. Il n'y a donc rien de com-

---

[1] *Comptes rendus*, t. CIX, p. 233, et même tome, p. 320. (Dans cette dernière Note, p. 322, ligne 3, *lire* croît *au lieu de* décroît.)

[2] VITUS GRABER, *Grundlinien zur Erforschung des Helligkeits- und Farbensinnes der Thiere*. Leipzig, 1884.

[3] *Comptes rendus*, 1876, et *Arch. per le Scienze med.* Torino, 1876.

[4] L'examen spectro-photométrique des verres employés dans ces expériences per-

mun entre cette élection et la sensation dermatoptique proprement dite que nous avons étudiée ([1]). »

ANATOMIE MICROSCOPIQUE. — *Sur les organes sécréteurs et la sécrétion de la cire chez l'Abeille.* Note de M. G. CARLET, présentée par M. Ranvier.

« Les organes sécréteurs de la cire ont été décrits jusqu'à présent dans des termes si vagues et il y a si peu de concordance entre les résultats des divers auteurs, que nous avons essayé, à notre tour, d'étudier la question.

» Contrairement à ce qui a été dit, ce n'est pas sur tous les arceaux ventraux de l'abdomen, à l'exception du premier et du dernier, que se fait la sécrétion de la cire, mais c'est sur tous les arceaux ventraux, à l'exception des deux premiers. Les quatre derniers arceaux ventraux pourraient donc s'appeler *arceaux ciriers*.

» Un arceau cirier est divisé en deux étages, l'un supérieur et glabre, l'autre inférieur et velu, l'Abeille étant orientée la tête en haut avec la face ventrale en avant. La partie glabre présente deux plaques pentagonales séparées l'une de l'autre par une bande sternale et entourées d'un cadre chitineux : nous les appellerons *plaques cirières*.

» La plaque cirière se compose de trois couches superposées dont l'une seulement, celle du milieu, que nous nommerons *membrane cirière*, sécrète la cire, ainsi que nous le démontrerons dans un instant. Nous donnerons à la couche superficielle le nom d'*écaille supérieure;* quant à la couche profonde, elle n'est autre chose qu'une partie du revêtement interne du squelette cutané et ne doit pas nous occuper ici.

» 1° *Écaille supérieure.* — Elle est très mince et, quand on l'examine au microscope, paraît décomposée en un réseau peu apparent de cellules, pour la plupart hexagonales, dont nous désignerons l'ensemble sous le nom de *réseau hexagonal.* Pour étudier convenablement ce réseau, nous avons soumis l'écaille à l'action des réactifs colorants. Celui qui nous a le mieux réussi est l'encre ordinaire; elle possède, en effet, un mordant spécial fixant parfaitement la couleur sur la cire, matière grasse qui

---

mettrait de les classer, sous le rapport de leurs intensités éclairantes relatives, dans l'ordre suivant en série décroissante : jaune, bleu, rouge, vert, violet.

([1]) Laboratoire de Physiologie générale et comparée de la Faculté des Sciences de Lyon.

ne se laisse pas imprégner par tous les réactifs. Avec l'encre qu'on trouve dans le commerce sous le nom d'*encre Gardot*, nous avons obtenu des préparations d'un violet très doux et en même temps très tenace.

» Après avoir fait macérer, pendant quelques heures, l'écaille dans l'encre, on la monte dans la glycérine et l'on observe très nettement le réseau hexagonal, qui n'était que peu apparent avant la coloration. On peut alors facilement se convaincre que ce réseau n'existe qu'à la face postérieure de l'écaille. De plus, chacun des hexagones se montre constitué par un amas de petites granulations violacées formant un pointillé très délicat; enfin les divers polygones sont séparés les uns des autres par un lacis qui conserve la teinte légèrement jaunâtre de l'écaille et n'est pas coloré par l'encre. Si l'on fait glisser la pointe d'une aiguille sur la face postérieure de l'écaille ainsi colorée, on tracera à sa surface une ligne qui laissera voir le tissu de cette écaille intact et non réticulé. Ce sont, comme nous le montrerons plus loin, des granulations de cire qui constituent les hexagones du réseau; elles se colorent par l'encre et sont enlevées sur le parcours de l'aiguille. L'écaille supérieure est donc anhiste et ne présente nullement la structure cellulaire qu'on serait tenté de lui attribuer et qu'on lui a attribuée en effet, à l'examen superficiel du réseau hexagonal qu'elle offre au microscope. Quelques naturalistes regardent même encore ces prétendues cellules comme les organes sécréteurs de la cire.

» Pour comprendre la formation du réseau hexagonal, il est indispensable d'étudier la membrane cirière.

» 2° *Membrane cirière.* — Appliquée directement contre l'écaille supérieure, elle a pour limites le cadre même de la plaque cirière, sur les côtés duquel elle vient se fixer. C'est une membrane épithéliale formée par une seule couche de cellules plates, pour la plupart hexagonales, ayant les mêmes dimensions que les mailles du réseau de l'écaille supérieure. En effet, chacun des polygones de l'écaille correspond à une cellule de la membrane cirière.

» Les cellules de la membrane cirière présentent un noyau central entouré d'un protoplasma chargé de granulations. Le noyau et les granulations se colorent vivement par l'encre; mais, si on laisse séjourner, un certain temps, l'arceau cirier dans l'essence de térébenthine, puis dans la benzine, avant de le plonger dans l'encre, celle-ci ne colorera plus que le noyau. Les granulations du protoplasma ont disparu après l'action des deux dissolvants de la cire, et cela suffit pour affirmer qu'elles sont constituées par de la cire. On peut donc appeler *cellules cirières* les cellules de la membrane cirière : ce sont elles qui sécrètent la cire et non de prétendues glandes intra-abdominales admises par quelques auteurs, qui ne les ont d'ailleurs ni décrites ni figurées. D'autre part, après sa sortie des liquides dissolvants de la cire, l'écaille est devenue d'une transparence parfaite et l'encre n'y révèle plus aucune trace du réseau hexagonal. Les hexagones pointillés sont donc formés par de la cire qui est sécrétée et déposée sous forme de granulations. A l'état naturel, ils se colorent par l'encre et, là où il n'y a pas de cire, c'est-à-dire dans l'intervalle des cellules cirières, qui correspond au ciment intercellulaire, le tissu de l'écaille reste incolore. Après l'action de l'essence et de la benzine, le dépôt de cire se dissout; alors l'écaille paraît ce qu'elle est en réalité : anhiste et hyaline. Elle ne joue aucun rôle dans la sécrétion de la cire, mais elle se laisse traverser par cette substance grasse. Pour démontrer ce dernier point, montons rapidement la plaque cirière dans la

glycérine, à la sortie des bains dissolvants; nous verrons, au bout de quelques heures un grand nombre de globules graisseux apparaître entre la lamelle de verre et la face externe de l'écaille. C'est la cire qui, renfermée encore dans l'épaisseur de l'écaille, vient ainsi sourdre au dehors, sous la forme de fines gouttelettes présentant tous les caractères optiques des globules de graisse.

» En résumé :

» 1° La cire est produite par les quatre derniers arceaux ventraux de l'abdomen.

» 2° Elle est sécrétée, non par la couche cuticulaire de ces arceaux ou par des glandes intra-abdominales, ainsi qu'on l'a supposé, mais bien par les cellules d'une membrane épithéliale que nous appelons *membrane cirière*.

» 3° Cette membrane est située entre deux feuillets dont l'un, extérieur, est la couche cuticulaire, tandis que l'autre, intérieur, forme le revêtement interne de la partie antéro-latérale de l'arceau ventral.

» 4° La substance cireuse traverse la couche cuticulaire pour venir s'accumuler au dehors, contre la face externe de cette couche, où elle constitue une lamelle de cire recouverte par l'arceau ventral précédent.

» 5° Ce passage de la cire à travers la cuticule, *admis* par les auteurs qui croyaient à l'existence de glandes cirières intra-abdominales, est aujourd'hui *démontré* expérimentalement par nos recherches. »

BOTANIQUE. — *Cultures expérimentales dans les hautes altitudes*. Note de M. **Gaston Bonnier**, présentée par M. Duchartre.

« On sait que les plantes de la région alpine n'ont, pour se développer, fleurir et fructifier, qu'une saison très courte, pendant l'absence des neiges. Cependant, ces plantes, qui sont toutes vivaces, mettent en réserve dans leurs parties souterraines une provision de nourriture relativement plus abondante que les plantes de plaine qui leur sont comparables. Par quelles modifications, par quelles adaptations spéciales une plante de la région alpine parvient-elle, après une évolution si rapide, à accumuler des réserves en si peu de temps? telle est la question que je me suis posée, et que j'ai cherché à résoudre expérimentalement depuis 1884.

» Pour ces recherches, j'ai établi de petits champs de culture à diverses hauteurs, dans les Alpes et dans les Pyrénées. Les stations les plus élevées sont, dans les Alpes, sur la chaîne du mont Blanc, à l'Aiguille de la Tour

(2300$^m$ d'altitude), et, dans les Pyrénées, sur la chaîne du pic d'Arbizon, au col de la Paloume (2400$^m$). Les autres stations de culture sont aux altitudes de 1060$^m$, 740$^m$, 200$^m$ et 50$^m$. Dans plusieurs de ces stations inférieures, pour éliminer l'influence due à la nature du sol, on a transporté de la terre provenant de la station supérieure, de telle sorte que les plantes à comparer se trouvent sur un sol de même nature. De plus, pour établir les comparaisons, le plant cultivé à une altitude élevée et le plant cultivé à la station la plus basse provenaient du *même pied* qui avait été divisé en deux.

» Voici quelles ont été les principales modifications obtenues, soit dans l'aspect extérieur, soit dans la structure, pour les 165 espèces indigènes ou horticoles mises en cultures comparées.

» 1° *Aspect extérieur.* — On observe dès la première année dans le port de la plante un changement qui était facile à prévoir. Les végétaux de la station supérieure sont de taille plus petite et leurs rameaux sont beaucoup plus rapprochés du sol. D'après les observations que j'ai faites après la chute de la neige au milieu de la saison, la gelée qui se produit alors à une certaine distance au-dessus du sol et le poids de la neige tombée suffiraient peut-être pour expliquer ce que l'on appelle quelquefois le *nanisme* des plantes alpines. En tout cas, l'influence directe et immédiate du climat est ici manifeste.

» D'autres modifications ne pourraient pas s'expliquer d'une façon aussi simple et paraissent plutôt dues à l'influence de la lumière. C'est ainsi que des mesures faites au chronomètre indiquent, même après la première année de culture, que l'échantillon d'en haut a les fleurs plus colorées et les feuilles d'un vert plus foncé, surtout par transparence. En outre, les feuilles des plantes de la station supérieure sont plus épaisses que celles des plantes comparables de la station inférieure.

» 2° *Structure.* — Une première série de modifications paraissent être dues surtout aux brusques alternances de température qui se produisent en été dans la région alpine. Tous les tissus protecteurs (liège, écorce, épiderme, hypoderme) sont relativement plus développés ou à parois plus épaisses. Mais la différence de structure la plus importante réside dans le limbe des feuilles, dont l'épaississement plus grand est surtout formé, en général, par l'extension du tissu en palissade très riche en chlorophylle. Chez plusieurs espèces, on observe même deux rangées de cellules en palissade dans les feuilles des plants alpins, tandis que celles des plants de plaine n'en présentent qu'une seule rangée.

» Il résulte de là qu'une lumière de même intensité, tombant sur la même surface de feuille, traversera une quantité de chlorophylle beaucoup plus grande dans une feuille de plante alpine que dans la feuille comparable de plante de plaine. Par suite, pour une même lumière, l'assimilation chlorophyllienne devra être plus forte dans le premier cas que dans le second.

» Or, comme la lumière est plus intense dans la région alpine que dans les plaines, l'assimilation par les feuilles y sera *a fortiori* plus considérable. C'est ce que j'ai vérifié par des expériences physiologiques directes dont je donnerai le résumé dans une prochaine Note.

» *Conclusions.* — Il résulte des observations précédentes que la formation de réserves relativement abondantes dans les parties souterraines des plantes alpines peut s'expliquer, non seulement par la différence d'intensité lumineuse, mais aussi par l'adaptation spéciale des feuilles à une nutrition beaucoup plus active. Telle est la réponse à la question que je m'étais posée au début de ces études.

» On peut résumer ainsi qu'il suit les principales modifications observées, qui toutes sont dues directement au climat, de telle sorte que les conditions physiques du milieu déterminent elles-mêmes ces adaptations.

» *Toutes conditions, sauf le climat, égales d'ailleurs, chez les plantes cultivées dans la région alpine, on observe ordinairement que :*

» *Les tiges aériennes sont étalées, plus courtes et plus rapprochées du sol.*

» *Les fleurs sont plus colorées, les feuilles sont plus épaisses et d'un vert plus foncé.*

» *Les tissus protecteurs des tiges sont plus développés.*

» *Grâce à l'épaisseur plus grande du tissu en palissade et à l'abondance de la chlorophylle, l'assimilation par les feuilles est beaucoup plus considérable, à égalité de surface.*

» Cette dernière conclusion montre qu'il s'établit ainsi une sorte de compensation entre le faible développement des parties aériennes des plantes alpines et leur nutrition plus intense. »

A 4 heures un quart, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures. M. B.

---

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 17 février 1890.

*Le nouveau matériel naval; par* A. Ledieu et Ernest Cadiat. T. II. Paris, Vve Ch. Dunod, 1890; 1 vol. gr. in-8° et un Atlas de Planches. (Présenté par M. Mouchez.)

*Des maladies catarrhales saisonnières; par* M. Kelsch. Paris, Victor Rozier, 1889; br. gr. in-8°. (Présenté par M. le baron Larrey.)

*L'éducation de nos fils; par le* Dr Jules Rochard. Paris, Hachette et Cie, 1890; 1 vol. in-16. (Présenté par M. le baron Larrey.)

*Traité de Chirurgie,* publié sous la direction de MM. Simon Duplay et Paul Reclus. Tome I; par MM. Reclus, Quénu, Broca, Lejars. Paris, G. Masson, 1890; 1 vol. gr. in-8°. (Présenté par M. Verneuil.)

*Inventaire général des richesses d'Art de la France. Paris : Monuments civils.* Tome deuxième. Paris, E. Plon, Nourrit et Cie, 1889; 1 vol. in-4°.

*Bulletin de la Société philomathique de Paris.* Huitième série, Tome I, n° 4, 1888-1889. Paris, au siège de la Société, 1889; br. in-8°.

*Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse.* Bulletin de décembre 1889. Paris, Berger-Levrault et Cie, 1889; br. gr. in-8°.

*Bulletin de la Société industrielle de Reims,* 1890. Tome quinzième, n° 78. Paris, Librairie industrielle, 1890; br. gr. in-8°.

*Bulletin international de l'Académie des Sciences de Cracovie. Comptes rendus des séances de l'année* 1890. Janvier. Cracovie, Imprimerie de l'Université, 1890; br. gr. in-8°.

*Mémoires de la Société d'Agriculture, Commerce, Sciences et Arts du département de la Marne.* Année 1888. Châlons-sur-Marne, F. Thouille, 1888; 1 vol. in-8°.

*Archives néerlandaises des Sciences exactes et naturelles,* publiées par la Société hollandaise des Sciences à Harlem, et rédigées par J. Bosscha. Harlem, les héritiers Loosjes, 1890; br. gr. in-8°.

*Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences naturelles.* 3e s., Vol. XXV, n° 100. Lausanne, F. Rouge, 1889; 1 vol. in-8°.

*Reports on the observations of the total eclipse of the Sun of January* 1 1889; published by the Lick observatory. Sacramento, 1889; 1 vol. gr. in-8°. (Deux exemplaires.)

*Reports from the laboratory of the royal College of physicians, Edinburgh.* Edited by J. Batty Tuke and G. Sims Woodhead. Vol. II. Edinburgh and London, Young J. Pentland, 1890; 1 vol. in-8°.

*The quarterly Journal of the geological Survey*. Vol. XLVI, Part I, n° 181. London, Longmans, Green and C°, 1890; 1 vol. in-8°.